

ALCEU LUIZ ASSMANN

**ADUBAÇÃO NITROGENADA DE FORRAGEIRAS DE ESTAÇÃO FRIA EM PRESENÇA
E AUSÊNCIA DE TREVO BRANCO, NA PRODUÇÃO DA PASTAGEM E ANIMAL
EM ÁREA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Dr. Adelino Pelissari

CURITIBA

2002



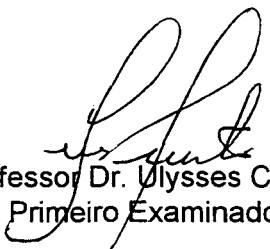
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

PARECER

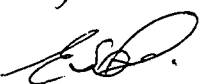
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pelo candidato **ALCEU LUIZ ASSMANN**, sob o título **“ADUBAÇÃO NITROGENADA DE FORRAGEIRAS DE ESTAÇÃO FRIA EM PRESENÇA E AUSÊNCIA DE TREVO BRANCO, NA PRODUÇÃO ANIMAL E DA PASTAGEM, EM ÁREA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA”**, para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Tese.

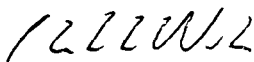
Curitiba, 25 de Janeiro de 2002.



Professor Dr. Ulysses Cecato
Primeiro Examinador



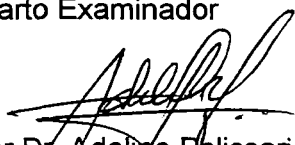
Dr. Edilson Batista de Oliveira
Segundo Examinador



Dr. Heroldo Weber
Terceiro Examinador



Professor Dr. Aníbal de Moraes
Quarto Examinador



Professor Dr. Adelino Pelissari
Presidente da Banca e Orientador

*Ao meu filho Lucas,
À minha esposa e colega de profissão Tangriani,
Ao meu pai Arquimino Assmann (in memorium)
À minha mãe Vitória Assmann*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao professor Adelino Pelissari, pela orientação segura, amizade e incentivo.

Ao professor Aníbal de Moraes, pela co-orientação, amizade e por sempre acreditar que tudo é possível.

Ao pesquisador Edilson Batista de Oliveira, pela co-orientação, dedicação e valiosas sugestões.

Ao Engenheiro Agrônomo Itacir Sandini, pela amizade e pelo apoio e orientação na instalação e condução do experimento.

Aos professores, administradores e funcionários do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná pelos ensinamentos ministrados e amizade.

À administração da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária pela colaboração para o desenvolvimento do projeto.

À minha esposa e colega de curso pela colaboração e companheirismo.

A todos meus familiares, pelo apoio, compreensão e confiança depositada.

Aos colegas da Pós-Graduação que além de grandes amigos, várias vezes, muito me ensinaram.

À administração do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR que possibilitou a execução deste trabalho.

A todos meus amigos que, de uma forma direta ou indireta, auxiliaram na execução desta obra.

BIOGRAFIA DO AUTOR

ALCEU LUIZ ASMANN, filho de Arquimino Assmann e de Vitória Assmann, nasceu em Gaurama, Estado do Rio Grande do Sul aos 27 de junho de 1956. É casado com Tangriani Simioni Assmann e pai de Lucas Simioni Assmann.

Cursou o primeiro grau em Gaurama-RS e o segundo grau em Erechim-RS formando-se em Técnico Agropecuária. Em 1978 ingressou no Curso de Agronomia na Universidade Federal de Pelotas, tendo, em 1982, recebido o grau de Engenheiro Agrônomo. Em 1989, iniciou o curso de Mestrado, área de concentração em Ciência do Solo, nesta mesma Universidade, obtendo o grau de Mestre em Ciência do solo em 1991.

De abril 1983 à março de 1989 trabalhou na COPACOL (Cooperativa Agrícola Consolata LTDA), como responsável técnico pela produção de sementes e de abril 1992 até o presente faz parte do quadro de pesquisadores do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná) da unidade experimental de Pato Branco. Em março de 1998 iniciou o Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná. De abril de 2000 à março de 2001 participou do programa de Doutorado Sanduíche (CAPES) no Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) de Clermont Ferrand, França.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.....	3
2.2 NITROGÊNIO NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.....	7
2.2.1 Nitrogênio no solo e na planta.....	9
2.2.2 Concentração de nitrogênio na pastagem.....	10
2.2.3 Índice nutricional nitrogenado (INN).....	13
2.3 ACÚMULO E PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE FORRAGEIRAS.....	14
2.3.1 Eficiência de utilização e recuperação do nitrogênio.....	16
2.4 ALTERAÇÕES NA COMPOSIÇÃO BOTÂNICA DA PASTAGEM.....	18
2.5 PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS NOS SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.....	21
2.6 ANIMAIS E A CICLAGEM DO NITROGÊNIO.....	25
3 METODOLOGIA.....	35
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO.....	35
3.2 CARACTERÍSTICA DE SOLO E CLIMA.....	35
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	36
3.4 ÁREA EXPERIMENTAL.....	37
3.5 ESTABELECIMENTO DA PASTAGEM.....	38

3.5.1 Semeadura.....	38
3.5.2 Adubação de base	38
3.6 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	40
3.6.1 Animais experimentais	40
3.6.2 Pesagem dos animais, controle de parasitas, mineralização e fornecimento de água	40
3.6.3 Método de pastejo.....	40
3.6.4 Ajuste da carga animal.....	41
3.7 AVALIAÇÃO DO EXPERIMENTO	41
3.7.1 Massa seca residual e composição botânica das pastagens.....	41
3.7.2 Acúmulo diário e produção de massa seca.....	41
3.7.3 Ganho de peso médio diário, carga animal e ganho de peso vivo por hectare...	42
3.7.4 Determinação da relação quilograma MS.kg ⁻¹ de N, quilograma PV.kg ⁻¹ de N e recuperação do nitrogênio.....	43
3.8 COLETA DE SOLO E ANÁLISES QUÍMICAS	43
3.9 PREPARO DAS AMOSTRAS E ANÁLISES DA PASTAGEM	44
3.9.1 Índice nutricional nitrogenado da pastagem.....	45
3.9.2 Balanço do nitrogênio.....	45
3.9.3 Máxima Eficiência Técnica (MET)	46
3.9.4 Análise estatística.....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 COMPOSIÇÃO BOTÂNICA E PORCENTAGEM DE SOLO DESCOBERTO DA PASTAGEM.....	47
4.2 ACÚMULO E PRODUÇÃO DE MASSA SECA.....	51
4.2.1 Acúmulo e desaparecimento diário de massa seca	51
4.2.2 Produção de Massa Seca	55
4.3 DESEMPENHO ANIMAL	59
4.3.1 Ganho médio diário	60

4.3.2 Carga animal	62
4.3.3 Ganho de peso vivo por hectare	65
4.4 CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO E ÍNDICE NUTRICIONAL NITROGENADO DA PASTAGEM.	69
4.4.1 Concentração de nitrogênio na pastagem.....	69
4.4.2 Índice nutricional nitrogenado da pastagem (INN).....	72
4.5 BALANÇO DO NITROGÊNIO NA PASTAGEM.....	75
4.5.1 Relação entre N disponível e N absorvido	76
4.5.2 Saldo de N orgânico e perdas de N	76
5 CONCLUSÕES.....	78
6 REFERÊNCIAS.....	79
ANEXOS	93

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Balanço hídrico seqüencial a cada intervalo de 10 dias (Rolim <i>et al.</i> ,1998), durante o ano de 1999, observadas na Estação Meteorológica de Entre Rios, Guarapuava-PR, 1999, latitude 25° 33' S Longitude 51° 29' W, Altitude 1.095 m	36
FIGURA 2	Croqui da área experimental (ST = Sem Trevo; CT = Com Trevo; N-TI = doses de N), Guarapuava, PR, 1999.....	39
FIGURA 3	Composição botânica e produção de massa seca da pastagem em função da data de amostragem, Guarapuava, PR, 1999	47
FIGURA 4	Porcentagem de aveia, azevém e de solo descoberto e quantidade de resíduo de massa seca no terceiro período de avaliação da pastagem em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999.....	50
FIGURA 5	Acúmulo e desaparecimento diário de massa seca (MS) médio de todo o período de pastejo em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999	52
FIGURA 6	Acúmulo diário de massa seca (MS) em função das doses de N e dos períodos de avaliação, Guarapuava, PR, 1999	53
FIGURA 7	Desaparecimento diário de massa seca (MS) em função das doses de N e dos períodos de avaliação, Guarapuava, PR, 1999.....	55
FIGURA 8	Produção de massa seca (MS) total durante o período de pastejo em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999	57
FIGURA 9	Produção de massa seca (MS) em função das doses de N aplicadas e do período avaliado, Guarapuava, PR, 1999.....	59
FIGURA 10	Carga animal em função das doses de N aplicadas no inverno, Guarapuava, PR, 1999.....	63
FIGURA 11	Ganho de peso vivo total (GPV) kg.ha ⁻¹ na produção animal em pastagens de inverno em função de doses crescentes de nitrogênio, Guarapuava, PR, 1999.....	67
FIGURA 12	Concentração do N (g.kg ⁻¹ de MS) em pastagem de inverno em função de doses crescentes de nitrogênio, Guarapuava, PR, 1999	72
FIGURA 13	Concentração do N em relação a produção de massa seca em pastagem de inverno em função de doses crescentes de nitrogênio, Guarapuava, PR, 1999.....	74

FIGURA 14	Índice nutricional nitrogenado da pastagem de inverno em função de doses crescentes de nitrogênio, Guarapuava, PR, 1999	75
-----------	---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Coeficientes de repartição do nitrogênio da urina e das fezes	29
TABELA 2	Rotação de cultura utilizada na área experimental desde o inverno de 1995.....	38
TABELA 3	Características químicas do solo antes de instalar o experimento Guarapuava, PR, 1999	44
TABELA 4	Equações, níveis de probabilidade (P), e coeficiente de determinação das porcentagens de aveia, azevém e solo descoberto e da quantidade de resíduo de massa seca, no terceiro período de avaliação da pastagem em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999	50
TABELA 5	Equações, níveis de probabilidade (P) e coeficiente de determinação do acúmulo de MS no primeiro, segundo e terceiro período de avaliação da pastagem em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999	53
TABELA 6	Equações, níveis de probabilidade (P) e coeficiente de determinação do desaparecimento de MS no primeiro, segundo e terceiro período de avaliação da pastagem em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999	55
TABELA 7	Equações, níveis de probabilidade (P) e coeficiente de determinação da produção de MS no primeiro, segundo e terceiro período de avaliação da pastagem em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999	59
TABELA 8	Ganho médio diário kg.dia ⁻¹ nas três avaliações efetuadas em função de doses de N, Guarapuava, PR, 1999	60
TABELA 9	Carga animal kg.ha ⁻¹ .dia ⁻¹ nas três avaliações efetuadas em função de doses de N, Guarapuava, PR, 1999	64
TABELA 10	Ganho de peso Vivo (kg.ha ⁻¹) em pastagem de inverno por período em função de doses crescentes de nitrogênio, Guarapuava, PR, 1999	66
TABELA 11	Eficiência de utilização da forragem produzida em Ganho de peso Vivo (kg.ha ⁻¹) e da adubação nitrogenada na produção animal em pastagem de inverno, em função de doses crescentes de nitrogênio, Guarapuava, PR, 1999	68

TABELA 12	Equações, níveis de probabilidade (P) e coeficiente de determinação das concentrações de N (g.kg^{-1} de MS) no primeiro período (13/07), segundo período (31/08) e média do período de pastejo da pastagem em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999	72
-----------	--	----

RESUMO

O trabalho foi conduzido na Estação Experimental da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA), Guarapuava-PR, durante o outono/inverno de 1999. O objetivo do trabalho foi verificar a influência da adubação nitrogenada - em presença e ausência de trevo branco - na dinâmica da pastagem de estação fria, conferida pelo acúmulo e produção de massa seca, pela produção animal e pelo balanço do nitrogênio com animais em pastejo no sistema de integração lavoura-pecuária com plantio direto. O delineamento experimental foi blocos ao acaso com parcelas subdivididas e com três repetições. Nas parcelas, foram testados quatro níveis de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg.ha⁻¹) e, nas subparcelas, a combinação de presença e ausência de trevo branco. A aplicação de nitrogênio não interferiu no percentual do trevo branco, porém, aumentou a participação do azevém em detrimento da aveia e reduziu a percentagem de solo descoberto da pastagem. Doses crescentes de N aumentaram de forma linear o acúmulo e produção de massa seca e a concentração do nitrogênio na pastagem. A carga animal e ganho de peso vivo por hectare de bovinos aumentaram com as doses crescentes de nitrogênio. É necessária aplicação de, no mínimo, 100 kg.ha⁻¹ de nitrogênio para obter saldo no solo que possa ser utilizado pelas culturas posterior ao cultivo da pastagem de estação fria de inverno.

Palavras-chave: Integração lavoura-pecuária, nitrogênio, produção animal, dinâmica da pastagem.

ABSTRACT

The research was carried out at Estação Experimental da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária [Agrarian Foundation for Agricultural and Cattle Research] (FAPA), in Guarapuava, state of Paraná, Brazil, during the autumn/winter of 1999. The objective of the work was to verify the influence of the nitrogen input - in presence and absence of white clover - in the dynamics of the winter grass (pasture), checked by the accumulation and production of dry mass, by the animal production and by the swinging of the nitrogen with animals grazing in the system of crop-pasture rotation, on no tillage system. The experimental design was complete randomized blocks with split-plot model and with three replications. In the plots, four levels of nitrogen were tested (0, 100, 200 and 300 kg.ha⁻¹) and, in the split-plot model, the presence and absence of white clover. Although the application of nitrogen did not interfere in the percentage of the white clover, it increased the participation of the Italian ryegrass in detriment of the oat and it reduced the percentage of discovered soil in the pasture. Growing levels of nitrogen increased in a growing linear way the accumulation and production of dry mass and the concentration of the nitrogen in the pasture. The stocking rate and liveweight gain per hectare of bovine increased with the growing levels of nitrogen. It is necessary application of over than 100 kg.ha⁻¹ of nitrogen to obtain residual input in the soil that can be used by the cultures after the cultivation of winter grass (pasture).

Key-words: nitrogen, crop-pasture rotation, animal production, dynamics of the winter grass (pasture).

1 INTRODUÇÃO

A falta de opções economicamente rentáveis, bem como a carência de alimentação para o gado durante o inverno, vem transformando o panorama agrícola brasileiro em uma busca de intensificação do uso da terra e desenvolvimento de sistemas de produção mais estáveis, baseados na rotação de cultivos anuais com pastagem. Áreas que anteriormente eram exclusivamente agrícolas passaram a receber animais em um período do ano, ou até por mais de um ano.

Analisando os dados da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento Estado do Paraná (SEAB, 1997), observa-se que na safra 1996/1997 aproximadamente quatros milhões de hectares da área de basalto, no terceiro planalto paranaense, foram utilizados no verão para produção de grãos, principalmente soja e milho. Devido à baixa rentabilidade com exploração de cereais de inverno e à ausência de outras alternativas, apenas 28% desta mesma área foi utilizada no inverno, com culturas rentáveis. Nos 72% restantes foram plantadas principalmente culturas protetoras de solo ou então deixados em pousio.

Na safra de inverno 2000, observou-se redução para 22% de áreas cultivadas com grãos (SEAB, 2001), e por outro lado observou-se um aumento na produção de carne bovina e de leite durante o período de outono a primavera, o que poderia estar refletindo um incremento da utilização do sistema de integração lavoura-pecuária. Situação semelhante foi observada nos demais Estados da Região Sul do Brasil.

Nos casos dos sistemas exclusivamente agrícolas cujas áreas durante o inverno são destinadas ao pousio, são grandes as perdas de solo pela erosão. Embora estas perdas não sejam tão significativas em áreas cultivadas com adubação verde de inverno, persiste a preocupação com o balanço econômico deste tipo de exploração, que na última década vem sendo marcada pela alta competitividade e exploração do capital. Desta forma, a integração lavoura-pecuária surge como alternativa para o desenvolvimento de uma agropecuária mais rentável, já que os produtores tiveram a renda *per capita* diminuída nos últimos anos, não garantindo a permanência de parte dos produtores no campo. Porém, as dificuldades residem na adoção de combinações de culturas e pastagens ligadas aos interesses dos sistemas de produção em uso.

A complexidade das interações dos fatores envolvidos na relação clima e solo-planta-animal é uma constante e exigem um esforço muito grande para a compreensão global deste sistema. Neste contexto, a variação dos níveis de disponibilidade de matéria seca na pastagem tem um reflexo direto nestas relações, definindo o nível de resposta animal e orientando a dinâmica da pastagem.

Os processos de intensificação da produção animal baseada em pastagens implicam, necessariamente, em um aumento significativo da entrada de nitrogênio no sistema solo-planta-animal, sendo que isto pode ocorrer pelo uso de fertilizantes nitrogenados ou pela utilização de leguminosa no sistema.

O estabelecimento de gramíneas em consórcio com leguminosas hibernais produtivas constitui, sem dúvida, tecnologia decisiva para dinamizar os processos de produção. Neste caso, a utilização de nitrogênio pode contribuir na obtenção de mais altos rendimentos forrageiros e produtividade animal. No entanto, aplicação de fertilizantes nitrogenados no consórcio de gramínea-leguminosa, seja como uma tática ou como uma prática contínua, em quase todas os casos proporcionou aumentos a produção das gramíneas em detrimentos das leguminosas.

Atualmente, ainda são poucos os estudos da integração lavoura-pecuária no Paraná. Portanto, reveste-se de importância o conhecimento das interações entre solo-planta-animal para estabelecer sistemas mais produtivos e com resultado econômico, garantindo a sustentabilidade do sistema produtivo da integração lavoura-pecuária.

Essa pesquisa baseou-se na seguinte hipótese: a presença de uma fabácea (trevo branco) e/ou níveis de N influenciam na ciclagem do N, na dinâmica da composição botânica da pastagem, no acúmulo e produção de massa seca contribuindo para maior ganho de peso animal em consorcio de pastagem de estação fria no sistema integração lavoura-pecuária.

Este trabalho teve como objetivo geral estudar a adubação nitrogenada de forrageiras de estação fria em presença e ausência de trevo branco, na produção da pastagem e animal em área de integração lavoura-pecuária.

Os objetivos específicos foram conhecer os efeitos da adubação nitrogenada e da presença do trevo branco na produção de matéria seca, qualidade da forragem, composição botânica, ciclagem do N e produção animal no sistema integração lavoura-pecuária.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

O sistema pasto-lavoura ou integração lavoura-pecuária está sendo mais difundido nos últimos anos, este sistema apresenta uma alternância temporária (rotação) de cultivos para grãos e pastagens de gramíneas ou leguminosas. Esta alternância aumenta sobretudo a produtividade nestas áreas. Isto é atribuído, segundo Humphreys (1994), Mohamed Sallen e Fisher (1993) e McKenzie *et al.* (1999), por melhorias na estrutura e fertilidade do solo, melhor controle de plantas daninhas, quebra de ciclos de doenças e pragas e o aumento na disponibilidade de alimentos de boa qualidade para os rebanhos animais durante o período de pastejo. No Paraná, podemos entender a integração lavoura-pecuária com pelo menos duas possibilidades: a) rotação de cultivos anuais de grãos com pastagens perenes b) utilização na alimentação animal de plantas de cobertura e/ou pastagens anuais em rotação com cultivos anuais de grãos.

Segundo Puckridge e French (1983), a utilização do sistema integrado pastagens/culturas, utilizado no sul da Austrália, tem apresentado resultados significativos quanto ao aumento na produtividade dos cereais e no número de animais por unidade de área, além de proporcionar melhor proteção ao solo e permitir uma rentabilidade mais estável nas fazendas. No que tange às pastagens perenes, menção deve ser feita ao trevo branco por ser uma leguminosa perene de fácil associação com gramíneas anuais de inverno, principalmente, com o azevém.

No Sul do Brasil, os maiores rendimentos de grãos de milho foram obtidos no sistema aveia + ervilhaca com milho, com aplicação de 120 kg.ha^{-1} de N mineral. A aveia + ervilhaca proporcionou rendimento de matéria seca de 4.220 kg.ha^{-1} e produção de 5.390 kg.ha^{-1} de grão de milho. Este resultado se deve provavelmente a outros fatores, além da absorção de N, como a elevada cobertura do solo, responsável pela manutenção de maior umidade no solo na camada de 0 a 7 cm. Com a utilização de leguminosas nos sistemas de produção, foi possível reduzir pela metade a adubação nitrogenada mineral do milho. Embora não havendo diferença significativa entre os adubos verdes de inverno, a menor relação C/N das leguminosas propicia maior velocidade de decomposição dos resíduos

(mineralização) e liberação do N para o solo, ficando parte do nutriente disponível para o milho desde o início do seu desenvolvimento (Debarba e Amado, 1997).

Santos e Ferreira,(1994) em Guarapuava- PR concluíram que o milho antecedido por ervilhaca (ervilhaca após trigo; ervilhaca após trigo e linho) alcançou maior rendimento na média dos anos estudados do que o milho antecedido por tremoço. Neste mesmo município Lustosa (1998) estudou o efeito do pastejo no rendimento de soja, e observou que não houve prejuízo à produtividade da soja.

Debarba e Amado (1997) constataram que o resíduo deixado após pastejo e os diferentes tipos de espécies (aveia e cevada) utilizadas para alimentar o rebanho podem proporcionar rendimentos diferenciados para as culturas após a utilização da pastagem, da mesma forma que as coberturas tradicionalmente adotadas. Porém, há a necessidade de realização de experimentos em condições variadas, uma vez que o uso de pastagens em esquemas de rotação de culturas vem sendo utilizada há vários anos, sem uma base de informações científicas para caracterização de fatores limitante e benéficos ao sistema pelas pastagens com reflexos no rendimento das culturas.

Jones *et al.* (1991) citam características importantes para as leguminosas quando utilizadas em sistemas de pastagem-lavoura:

a) serem de fácil estabelecimento inicial e ressemearem após uma curta fase de culturas. O restabelecimento das espécies após a fase de cultivo é comumente bem sucedido desde que se tenha um adequado banco de sementes do solo e uma adequada cobertura morta;

b) contribuir com apreciável quantidade de N biológico para o sistema e, principalmente, para as culturas subsequentes. A fixação de N pela leguminosa durante a fase de pastagem e a liberação para a cultura subsequente têm uma importante implicação biológica e econômica. O potencial de perdas de N do sistema lavoura - pastagem é alto, porém estas perdas podem ser minimizadas quando pastagens com gramíneas regeneram-se nas primeiras chuvas e são quimicamente mortas pouco antes da semeadura da cultura de grãos;

c) serem controláveis durante a fase de cultivo. A vantagem deste sistema (uma versão do cultivo intercalado) é que as sementes de leguminosas formadas abaixo da cultura melhoram o restabelecimento da pastagem no ano seguinte, sendo o resíduo utilizado para aumentar a produção da pastagem e do animal e o custo com herbicida pode ser reduzido. Uma desvantagem é que a produção de grãos da cultura pode ser reduzida pela competição com a cultura intercalar.

O sistema pastagem-lavoura proporciona um resíduo no final do período de pastejo que é o resultado do manejo da pastagem, este resíduo pode ser utilizado como cobertura para a semeadura direta de culturas reduzindo os riscos de erosão do solo, desta forma os resíduos que permanece pós-pastejo podem ter os mesmos efeitos de outras coberturas comumente utilizados em semeadura direta. O resíduo de plantas ou "mulch" ou cobertura morta consiste de restos de culturas ou material da pastagem da estação anterior, consecutivamente com novo material de plantas, os quais têm crescimento durante o período de chuvas antes do plantio e são mortos quimicamente com herbicida uma ou duas semanas antes da semeadura da cultura de grãos. É importante que o intervalo seja curto; longos períodos permitem aos resíduos de leguminosas com sua baixa relação C/N decomporem-se, deixando uma considerável superfície do solo descoberta para o plantio (Jones *et al.* 1991).

Considerando a presença animais na pastagem, Uhde *et al.* (1996), testando diferentes métodos de preparo do solo para o cultivo de milho, após uma pastagem de aveia e trevo subterrâneo, submetidas a dois pastejos com duração de 20 horas cada, com carga animal de 15.000 quilograma de peso vivo.ha⁻¹ no primeiro pastejo e 16.200 quilograma no segundo, não observaram diferenças significativas entre os sistemas de preparo de solo e entre a presença ou ausência de animais em pastejo quanto a produtividade do milho. O rendimento de grãos foi de 5.011 kg.ha⁻¹ para a área pastejada e de 4.436 quilograma para a não pastejada. Fontanelli *et al.* (1998), avaliaram 4 diferentes sistemas de rotação de culturas, durante 6 anos, envolvendo trigo e pastagem anual de inverno composta de aveia isolada ou consorciada com ervilhaca ou trevo vesiculoso. Esses pesquisadores observaram que a presença de animais no inverno, durante dois anos consecutivos, proporcionaram melhor rendimento em grãos para o trigo cultivado posteriormente, indicando assim uma alternativa positiva para rotacionar com o trigo, havendo complementação e não competição entre as atividades envolvidas.

Assmann (2001), avaliando a produtividade do milho cultivado em seqüência a uma pastagem (aveia + azevém + trevo branco), com doses de zero, 100, 200 e 300 kg.ha⁻¹ de N, utilizada em pastejo contínuo ou sem pastejo, concluiu que a presença de trevo não influenciou o rendimento de grãos e que as áreas pastejadas, que receberam adubação nitrogenada no inverno, apresentaram uma tendência em exibir maiores produtividades que as áreas não pastejadas. Estas conclusões evidenciam o efeito positivo do pastejo sobre a transferência de N da pastagem para a cultura sucessora.

No Brasil, são relativamente raros os experimentos de longa duração que

permitam avaliar os efeitos de diferentes tipos de preparo do solo sobre as condições físicas e químicas (Eltz *et al.*, 1989).

Com a utilização do plantio direto, cria-se a necessidade de promover uma boa cobertura do solo no período de outono/inverno e parte da primavera. As gramíneas consorciadas com as leguminosas utilizadas com esta finalidade (aveia e/ou azevém + trevos) são excelentes forrageiras capazes de suportar a atividade pecuária durante estas estações do ano, que representam o período mais crítico para a pecuária no sul do Brasil. Esta região possui solos e clima propícios para o desenvolvimento deste sistema de manejo, além de agricultores motivados passam superar os desafios da nova técnica. Entretanto, sempre surgem dúvidas a respeito de como se comporta o sistema quando utilizado por longo tempo (Eltz *et al.*, 1989). Estas dúvidas ficam ainda mais fortes quando se associa a exploração animal em áreas de lavoura cultivadas dentro sistemas de plantio direto. Acredita-se que a entrada de animais em áreas agrícolas provoca compactação do solo ou outra alteração que possa comprometer o rendimento das culturas em sucessão à pastagem.

O plantio direto, em relação a ciclagem biológica, tende a máxima conservação de nutrientes em agroecossistemas. O não revolvimento do solo e a manutenção da palha reduzem as perdas de nutrientes.

Trein *et al.* (1991) trabalhando num solo podzólico vermelho escuro, testaram sete métodos de preparo do solo para implantar a cultura do milho sobre uma pastagem (aveia preta + trevo subterrâneo), após ser submetida a pastejo intensivo por gado bovino (por 36 horas com uma lotação de 200 cabeças.ha⁻¹), com e sem o controle de plantas invasoras. O rendimento de grãos de milho sem o controle de plantas invasoras foi de 3.109 kg.ha⁻¹, sendo que foi atribuído às condições físicas do solo (compactação superficial de 0 a 7,5 cm), fatores relacionados com a água no solo (captação, armazenamento e movimento no perfil) e também com a competição de plantas vivas.

Apesar de reconhecida a importância do uso de animais em pastejo, na avaliação de forrageiras nos sistemas de produção de carne, lã e leite na região sul do Brasil, Moraes *et al.* (1995) apresentam algumas razões para o baixo volume de informações de pesquisa envolvendo produção animal com espécies de inverno, entre elas a carência de pesquisadores com conhecimento nesta etapa de avaliação. Isto cria naturalmente uma barreira para ingressar nestas etapas mais avançadas, que também apresentam características de exigência de maior recurso financeiro para sua realização.

No Sul, até o momento, é muito pequeno o número de propriedades que utiliza a

integração lavoura-pecuária de forma tecnificada. Persistem muitas dúvidas sobre o efeito da entrada dos animais em áreas de lavouras, quais espécies utilizar e como manejá-las. Portanto, reveste-se de importância o conhecimento das interações entre solo, planta e animal para estabelecer sistemas de produção mais sustentáveis.

2.2 NITROGÊNIO NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

O nitrogênio é um dos elementos mais abundantes na natureza e todos os organismos vivos necessitam em alguma parte de sua estrutura química, e seus constituintes essenciais são os ácidos nucleicos e as proteínas (Whitehead, 1995). Apesar de sua abundância na natureza, o nitrogênio é frequentemente o fator mais limitante na produção das pastagens constituídas por gramíneas.

A introdução de nitrogênio no sistema solo-planta pode ser feita, principalmente, através da fixação simbiótica pelas leguminosas utilizando bactérias específicas, fixação assimbiótica e fertilizantes (Hungria *et al.*, 1994). A fixação biológica é uma fonte de nitrogênio de grande importância para a produção de agropecuária, a qual evita o consumo de energia para sua produção.

Quando as culturas anuais são comparadas às pastagens, estas últimas constituem um agrossistema particular que se caracteriza pela complexidade do ciclo e sub-ciclos do nitrogênio (Whitehead, 1995). A interação funcional mais importante na rotação de cultura na agricultura é aquela relacionada com as fases de acúmulo e remoção do nitrogênio no solo. O conhecimento mais preciso destes ciclos de descarga e recarga em diferentes ambientes e condições de manejo é um fator básico para selecionar a rotação mais adequada.

Existe uma grande variação na quantidade de N_2 fixado pelas espécies de leguminosas. Por exemplo, para o trevo branco (*Trifolium repens* L.) esta quantidade pode chegar a mais de 500 kg.ha⁻¹ de N por ano. Contudo, a taxa usual de fixação para o consórcio gramínea-trevo na Nova Zelândia varia entre 85 e 350 kg.ha⁻¹ de N (Hoglund *et al.*, 1979; Caradus, 1990; Ledgard *et al.*, 1990).

A quantidade de N_2 fixado no consórcio gramínea-trevo, frequentemente, reflete o vigor do crescimento dos trevos, que é usualmente, limitada por fatores tais como temperatura, água ou suprimento de nutrientes e pela competição com as gramíneas. A presença de N inorgânico promove redução da fixação de N_2 por meio da redução da atividade da nitrogênase, pelo decréscimo da formação de nódulos e, algumas vezes,

devido ao aumento na senescência dos nódulos (Hoglund e Brock, 1987). No consórcio gramínea-trevo o N inorgânico também aumenta a competição das gramíneas e, conseqüentemente, pode reduzir a fixação de N_2 por unidade de área (Whitehead, 1995).

O teor de nitrogênio no solo tem alta relação com a matéria orgânica (Mello *et al.*, 1989). Assim muitas recomendações de adubação nitrogenada baseiam-se no teor de matéria orgânica, pela maior estabilidade nos valores e facilidade na determinação, procurando estimar a disponibilidade de nitrogênio às plantas, esquecendo que o comportamento do nitrogênio no sistema utilizado é largamente influenciado pelo sistema de rotação de lavoura-pecuária.

Na maioria dos sistemas de produção do Sul do Brasil, a quantidade de N existente no solo não é suficiente para satisfazer a demanda total de nitrogênio para as culturas. Sendo assim, em algum momento da etapa de cultivos no sistema de rotação lavoura-pecuária, deve-se recorrer a aplicação de fertilizantes nitrogenados e/ou utilizar o cultivo de leguminosas que tenham a capacidade de fixar N, para assegurar a sustentabilidade do sistema produtivo (Baethgen, 1992).

Nos últimos anos o incremento da fertilização nitrogenada às pastagens combinada ao uso de altas cargas animais tem permitido aumentar a produtividade das áreas pastejadas e manter os rendimentos individuais dos animais. No entanto, as novas restrições agro-ambientais estão conduzindo a um desenvolvimento de sistemas de pastejo dentro de conjuntos menos intensivos, visando a diversificar as entradas de nitrogênio e a otimizar sua valorização para reduzir os riscos de perdas do nitrogênio principalmente em zonas de agriculturas intensivas (Humphreys, 1994).

Angus *et al.* (1998) concluíram que uma importante contribuição de N oriundo de pastagens para as culturas subseqüentes é a acumulação de N-mineral no solo e de matéria orgânica facilmente mineralizável, que se encontra disponível por um ou dois anos depois do fim do uso da pastagem. Entretanto, Puckridge e French (1983), trabalhando em regiões de clima mais seco, encontraram que o N fixado nas pastagens provoca uma estocagem de matéria orgânica que se decompõe gradualmente e sustentará a produtividade de muitos cultivos posteriores. A diferença de persistência do benefício da fase de pastejo e sem pastejo pode ser atribuída aos diferentes regimes de chuva das áreas estudadas.

No caso de pastagens, também pode se atribuir uma maior persistência de N-mineral aos processos de lixiviação que levam o nitrato do solo produzido e mineralizado durante a fase de pastejo, para maiores profundidades que são inacessíveis à pastagem,

mas podem vir a ser aproveitadas pelas raízes da cultura cultivada posteriormente.

2.2.1 Nitrogênio no solo e na planta

As principais formas do nitrogênio no solo, disponíveis às plantas, são a nítrica e a amoniacal, principalmente a primeira (Corsi, 1986). As transformações que ocorrem no solo do N representam as entradas e saídas. As entradas de nitrogênio ocorrem pela aplicação de adubos nitrogenados, esterco (dejetos de animais) e fixação biológica. Enquanto que as saídas acontecem pela remoção de produtos de origem vegetal e animal, lixiviação, volatilização da amônia e desnitrificação.

Os íons nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) ocorrem nos solos como resultado da decomposição microbiana de plantas, resíduos e excreção de animais, e matéria orgânica humificada, além disso, muitos solos agrícolas recebem nitrato ou amônio por meio de adubação nitrogenadas. Os íons amônio (NH_4^+), sendo cátions, são retidos temporariamente e superficialmente pelo complexo coloidal, passando depois para a solução do solo, podendo ser absorvidos pelas plantas, ou na maior parte, sofrendo o processo de nitrificação (Van Raij, 1991). Este processo de nitrificação do amônio na maioria dos solos é relativamente rápido, estima-se que cerca de 60 a 70% do nitrogênio aplicado sofre nitrificação em torno de 35 dias (Vale *et al.*, 1991).

Høgh-Jensen e Schjoerring (1997) constataram que a associação trevo-azevém perene recuperou até 46% do N aplicado na forma de uréia. Esta baixa taxa de recuperação da uréia é comum devido à volatilização da amônia (NH_3^+) (Haynes e Willians, 1993 e Whitehead, 1995). No trabalho também observou-se que o trevo em mistura é um competidor fraco por nitrogênio inorgânico, uma vez que este absorveu apenas 11% do N-total acumulado na mistura. O azevém em associação recuperou maiores quantidades de N derivado do solo do que quando em cultivo solteiro. Portanto, a vantagem de cultivo de consórcios não é apenas uma questão de transferência de N fixado do trevo para o azevém, mas também significa um aumento da quantidade de extração do N do solo.

O potencial de absorção do nitrogênio pelas plantas forrageiras, bem como o volume e a distribuição do sistema radicular no solo, influenciam no aproveitamento do nitrogênio. A recuperação aparente do nitrogênio é definida como a quantidade de N na forrageira de uma parcela fertilizada menos a quantidade de N na forrageira de uma parcela não fertilizada com nitrogênio. A quantidade de N desta última parcela é uma

estimativa do suprimento de nitrogênio pelo solo e atmosfera. Conforme essa definição a quantidade de N recuperada dos fertilizantes nitrogenados pelas gramíneas fica usualmente entre 50% e 80% e, freqüentemente, ao redor de 65%-70% (Whitehead, 1995).

Na Austrália, Helyar *et al.* (1997), estudando uma rotação trigo-pastagens anuais constataram que inicialmente as concentrações de N e carbono orgânico no solo (0-10 cm) eram baixas, 1.300 à 1.400 kg.ha⁻¹ de N e 7 a 9 mg.dm⁻³ de carbono orgânico. A taxa de incremento do nitrogênio total na camada superficial de 20 cm variou com a proporção do tempo da pastagem na rotação, sendo de 2; 12 e 21 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de N para relações entre pastagens/culturas na rotação variando de 33%, 50% e 67%. O carbono orgânico aumentou mais rapidamente na medida em que aumentava a proporção da pastagem na rotação e não foram encontradas evidências de estabilização de concentração do elemento mesmo após 18 anos de estudo da rotação, variando de 8,8 a 10,5 mg.dm⁻³ de C na profundidade de 0 – 10 cm.

O nitrogênio no sistema pode ser reciclado várias vezes durante o crescimento da pastagem. Por outro lado, a quantidade de nitrogênio que retoma nas excreções dos animais poderá permanecer no solo por muitos anos, imobilizada pela matéria orgânica do solo (Whitehead, 1995).

2.2.2 Concentração de nitrogênio na pastagem

O fluxo de carbono na planta e na pastagem depende da concentração de N nas plantas, pois a atividade fotossintética está diretamente relacionada com o conteúdo de N nas folhas (Gastal *et al.* 1992; Lemaire e Chapman 1996). As desfolhas sucessivas causam uma redução no crescimento das raízes e diminuição na sua massa, pois ocorre a remobilização do C e N para a parte aérea para recompor o aparelho fotossintético (Frankow-Lindberg, 1997; Lemaire e Chapman 1996), afetando a absorção de nutrientes (Briske e Richards, 1995; Thornton e Millard 1997). Entretanto, a redução na absorção de N pelas raízes está na dependência do estado de nutrição nitrogenada da planta.

Thornton e Millard (1997) comentam que a absorção de N é reduzida pela desfolha quando as plantas, bem supridas com N, apresentam boas reservas nos tecidos e raízes. A remobilização de N das reservas aumenta o “pool” de aminoácidos na raiz, os quais inibem a absorção do nitrato (Lee *et al.* 1992; Imsand e Touraine, 1994). Mas, quando as reservas são baixas, a absorção é inalterada ou pode até aumentar, conforme foi observado para o

azevém perene em que desfolhas sucessivas reduziram a massa das raízes mas aumentaram a absorção de nitrato (NO_3^-) por grama de raiz (Thornton e Millard, 1997). Contudo, embora tenha aumentado a absorção de N por grama de raiz, as desfolhas sucessivas reduziram a capacidade de remobilização do N e provocaram menor crescimento das novas folhas. Neste mesmo sentido, Briske e Richards (1995) comentam que tem sido documentado o aumento na absorção de íons de nitrato (NO_3^-), num período de 8 horas após a desfolha, pelo azevém perene cultivado em baixa fertilidade quando comparado ao cultivado sem restrições de nutrientes. Os autores argumentam que a alocação de carbono para as raízes pode ter continuado após a desfolha em virtude de que, em condições limitadas de nutrientes, elas aumentam a força de demanda.

Quando a adubação nitrogenada excede as exigências das plantas forrageiras, a taxa de absorção de íons de nitrato e amônio é maior que a taxa de utilização, resultando na acumulação de nitratos nas plantas, aumentando a proporção de nitrogênio não-proteico (Dougherty e Rhykerd, 1985). O teor de proteína é estimado pela porcentagem de nitrogênio total, determinada na forragem, portanto, uma parte considerável de proteína bruta apresentada nos trabalhos com adubação nitrogenada, principalmente com níveis mais altos, pode ser nitrogênio não protéico.

Em condições de adubação nitrogenada não limitantes para as plantas, e sendo estas não pastejadas, ocorre uma remobilização do N das folhas senescentes para as mais jovens. Cerca de 75 a 80% do N das folhas verdes é remobilizado durante a senescência (Lemaire e Chapman 1996), e esta remobilização pode suprir de 40% a 51% das necessidades de N das folhas jovens (Thornton e Millard 1997), o que provoca uma menor necessidade de absorção de N para a produção de uma nova folha na medida em que a planta avança em idade. Porém, em pastejos sucessivos, as folhas novas localizadas no estrato superior da pastagem tem maior probabilidade de serem consumidas e, conseqüentemente, uma maior proporção do N requerido para a produção de uma nova folha deve ser provida pela absorção do solo. O mesmo acontece em misturas de gramíneas e leguminosas, visto que desfolhas severas também reduzem a fixação biológica do N_2 , promovendo a senescência prematura dos nódulos, a redução do tamanho dos nódulos e o retardamento do início da nodulação (Humphreys, 1997). Isto demonstra que a pastagem depende muito mais da disponibilidade de N no solo quando pastejada mais severamente (Lemaire e Chapman 1996). Assim, uma desfolha severa provoca uma importante diminuição no suprimento de N para as plantas, sendo que a recuperação da área foliar para o restabelecimento deste suprimento deve ocorrer às expensas da

remobilização das reservas das raízes e hastes. De acordo com Lemaire e Chapman (1996), o suprimento de N, tanto pela absorção do nitrato como pela fixação do N_2 , é alterado entre alto e baixo, dependendo do estágio da rebrota, em pastagens desfolhadas severa e intermitentemente. Por outro lado, sob pastejo contínuo, o suprimento de N é mais uniforme e é determinado pelo índice de área folhar (IAF) médio.

Na ausência da fertilização nitrogenada, Lemaire e Gastal (1997) constatou concentrações limitantes de nitrogênio, ficando abaixo do nível considerado crítico para pastagem de inverno, que é aproximadamente de 3,5% e 2,8% para acúmulo de 2.000 e 6.000 kg.ha⁻¹ de MS, respectivamente. E quando foi aplicado 150 kg.ha⁻¹ de N a concentração do nitrogênio na pastagem ficou acima do nível considerado crítico para a produção de até 5.000 kg.ha⁻¹ de massa seca.

Em pesquisas no Sul do Brasil, com pastagem de espécies de estação fria, Quadros e Maraschin (1987) obtiveram uma concentração média de N na forragem de 2,72%, 2,56% e 2,24% para os consórcios de (aveia + azevém + Trevo vesiculoso), (azevém + trevo vesiculoso) e (azevém + trevo branco + cornichão), respectivamente. Restle *et al.* (2000) conseguiram uma concentração média de 3,54% e 3,63% para as fontes de N uréia e sulfato de amônio, com aplicação de 200 kg.ha⁻¹ de N para ambos os tratamentos.

Em todas as formas de pastejo, para maximizar-se o consumo animal pelo aumento de utilização da forragem produzida, deve-se levar em consideração o adequado manejo do N, tanto via fertilizantes como em fixação biológica, para garantir o aporte necessário para máximo crescimento da pastagem.

Unkovich *et al.* (1998), estudando o efeito de intensidade de pastejo de ovelhas em uma pastagem composta por trevo subterrâneo (*Trifolium subterraneum*), azevém (*Lolium rigidum*), *Hordeum leporinum* e *Vulpia bromoides*, observaram que as parcelas com baixa intensidade de pastejo produziram 11.500 kg.ha⁻¹ de MS e, aqueles pastejados mais intensivamente produziram 7.900 kg.ha⁻¹. Entretanto, não houve diferença entre a acumulação de N total (300 kg.ha⁻¹ de N - baixa intensidade de pastejo e 302 kg.ha⁻¹ de N - alta intensidade de pastejo). A menor produção de massa seca (MS) sob alta intensidade de pastejo foi compensada pela alta concentração de N nas plantas e pelo aumento do conteúdo de trevo na pastagem.

2.2.3 Índice nutricional nitrogenado (INN)

A cada ciclo de brotação de uma pastagem, o teor de N da parte aérea das plantas (%N) diminui na medida em que aumenta a quantidade de biomassa (MS) produzida. Este fenômeno conhecido como "diluição" é variável quanto ao valor máximo atingido, sua dinâmica em relação ao poder de fornecimento de N do solo e a velocidade de crescimento da pastagem permitida pelas condições climáticas.

Mesmo quando existe um amplo fornecimento de N, a concentração de N nas plantas diminui com o seu crescimento. Este fenômeno tem sido usualmente interpretado como resultado do envelhecimento das plantas e tem sido relatado simplesmente o ciclo da cultura ao tempo, levando a uma larga diferença entre espécies em uma dada situação e entre diferentes condições de crescimento para um dado genótipo. Lemaire e Salette (1984 a,b) demonstraram que para gramíneas crescendo em situações não limitantes de suprimento de N, a concentração de N da cobertura vegetal pode ser relacionada ao acúmulo de massa seca (MS) pela simples equação:

$$N\% = a(MS)^{-b}$$

onde MS é a quantidade de massa seca produzida pela parte aérea da pastagem em t.ha⁻¹ e N% é a concentração de N em % da massa produzida.

O coeficiente *a* da equação representa a %N na parte aérea em biomassa de uma t.ha⁻¹. O coeficiente *b* caracteriza o comportamento da diminuição da percentagem de N durante o rebrote.

Lemaire e Salette (1984a) estudando a absorção de N por plantas de festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.) em diferentes anos, durante o rebrote da primavera, depois de uma adubação nitrogenada não limitante, feita no inverno, concluíram que grandes diferenças podiam ser observadas entre os períodos do ano, mas a forma com que a porcentagem de N na planta diminuía, enquanto aumentava a quantidade de biomassa vegetal produzida, era similar nos diferentes anos. Portanto, a diferença entre a absorção de N ao longo dos anos poderia ser atribuída apenas à diferença na dinâmica de crescimento da parte aérea da pastagem devido à diferenças de condições climáticas. A partir destes dados Lemaire e Salette (1984 a,b) propuseram um valor estável para os coeficientes *a* e *b* para ser usado em diferentes condições edafológicas, períodos e cultivares, para pastagens que receberam quantidades de N suficientes para assegurar que o crescimento não é restrito pela disponibilidade de N no solo:

$$N\% = 4,8(MS)^{-0,32}$$

Sendo assim, o INN pode ser usado como um estimador do estado nutricional de N de coberturas vegetais com uma larga variação de composição botânica e condições ambientais. No entanto, todos os dados usados no estudo foram obtidos em situações de acúmulo de massa seca, por exemplo, durante o período de rebrote depois do corte ou pastejo severo. Nestas circunstâncias, o acúmulo da biomassa é resultado do aumento do tamanho da planta e corresponde a um declínio do nível crítico de N na planta. Entretanto, quando parte do material está em senescência e material morto acumula em proporções significativas, a teoria acima descrita não pode ser diretamente aplicada, uma vez que a biomassa não continua a aumentar em uma mesma taxa.

Em sistemas de pastejo contínuo, o uso do INN é desaconselháveis, pois o acúmulo de biomassa não é resultado direto do crescimento das plantas, mas é consequência da dinâmica de equilíbrio entre o crescimento, a senescência e o consumo da parte aérea da pastagem. Uma vez que os animais constantemente removem o estrato superior da cobertura vegetal, não existe um meio direto de verificar a porcentagem de N com o crescimento da parte aérea vegetal. Para estes casos é recomendado o uso de gaiolas de exclusão para curtos períodos que permitam um acúmulo de cobertura vegetal suficiente na ausência de desfoliação, postulando-se que o INN medido nas gaiolas seria representativo do estado nitrogenado nutricional da área pastejada durante o mesmo período.

2.3 ACÚMULO E PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE FORRAGEIRAS

O crescimento das plantas forrageiras e, conseqüentemente, a sua produção depende de fatores relacionados à planta e às condições edafoclimáticas. A disponibilidade de nutrientes no solo tem grande importância no crescimento das plantas forrageiras, sendo o N um dos nutrientes absorvidos em grandes quantidades. O aumento do interesse na fertilização em gramíneas ocorre porque o nitrogênio é um dos principais nutrientes limitante na produção destas pastagens.

O nitrogênio tem a finalidade de estimular o ritmo de crescimento das plantas forrageiras e de provocar reduções mais acentuadas, na digestibilidade da forragem conforme a planta se desenvolve. Esse comportamento da planta forrageira sugere que o pastejo seja efetuado com maior frequência, isto é, que os intervalos entre os cortes sejam reduzidos (Wilkins *et al.*, 2000).

A velocidade de acúmulo de biomassa de uma pastagem pode estar diretamente relacionada com a quantidade de luz interceptada pela pastagem (Lemaire, 2000), com as condições da disponibilidade de nutrientes e com a adubação nitrogenada, que aumentam o rendimento da matéria seca das plantas forrageiras (Wilkins *et al.*, 2000).

O potencial das gramíneas para produção de massa seca é consequência, em primeiro lugar, do índice de área foliar a qual é maior do que em outros cultivos por ter a capacidade de rebrotar após o corte ou pastejo. Em razão disto, e admitindo que as gramíneas têm um longo período de crescimento, suas respostas à adubação nitrogenada são mais significativas que qualquer outro cultivo (Wilkins *et al.*, 2000).

A utilização das misturas de espécies forrageiras anuais de inverno visam a combinar os picos de produção de matéria seca alcançados em diferentes épocas resultando no aumento da produção e do tempo de utilização das pastagens. Lupatini *et al.* (1998), avaliando a produção e a qualidade de forragem em misturas de gramíneas sob pastejo, obteve acúmulo diário de 37, 82 e 96 e uma produção de 4.893, 9.327 e 10.905 kg.ha⁻¹ de MS para as doses 0, 150 e 300 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente. Enquanto que Restle *et al.* (1999) obteve acúmulo diário de 42, 56 e 51 e produção de 9.696, 10.273 e 8.041 kg.ha⁻¹ de MS para as misturas (triticale + azevém), (aveia + azevém) e (triticale + aveia + azevém), respectivamente. Restle *et al.* (2000) obteve acúmulo diário que variou de 46 a 48 kg.ha⁻¹ de MS, com uma produção de massa seca de 7.410 kg.ha⁻¹ de MS quando utilizado como fonte de N a uréia e de 6.620 kg.ha⁻¹ de MS quando utilizado o sulfato de amônio. Estes resultados demonstram o grande potencial de produção destas espécies quando associadas.

Shiel *et al.* (1999), estudando o efeito da aplicação de doses de N na produção de massa seca durante três anos consecutivos em misturas de azevém perene e trevo branco, com cortes utilizados a cada 28 dias, obteve uma produção média de 9.730 e 10.242 kg.ha⁻¹ de MS para as doses de 300 e 400 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente.

Os trabalhos realizados em parcelas sob cortes mostram que as forrageiras anuais aumentam a produção de massa seca substancialmente com doses crescentes de N. Em áreas sem utilização de adubação nitrogenada a produção anual das pastagens varia entre 1.000 a 8.000 kg.ha⁻¹ de MS e de 8.000 a 19.000 kg.ha⁻¹ de MS com o uso de doses crescentes de N (Frame e Boyd, 1987; Whitehead, 1995). Esta produção depende das condições edafoclimáticas e do sistemas de utilização e produção da forragem.

É evidente a influência das adubações nitrogenadas no crescimento, e em diversos aspectos de morfologia e fisiologia de gramíneas. Uma característica nítida da

morfologia de gramíneas é a potencializarão no desenvolvimento de afilhos, cada um gerando novas folhas. A deficiência do nitrogênio restringe o perfilhamento da pastagem e, mais importante ainda, restringe o crescimento de folhas individuais e, portanto, a sua capacidade fotossintética (Whitehead, 1995), também a deficiência do nitrogênio é mais restritiva no crescimento dos afilhos do que no crescimento das raízes.

Os trabalhos realizados no sul do Brasil evidenciam que as condições favoráveis de clima e solo dominantes beneficiam a produção de MS das espécies forrageiras de estação fria, permitindo assim a obtenção de altos rendimentos de produção de forragem, principalmente em áreas com rotação lavoura-pecuária.

Moraes (1991), em uma pastagem de azevém mais trevo branco sobressemeada em capim pangola (*Digitaria decumbens*), utilizando novilhos apenas no período do inverno e primavera, obteve produção de forragem próxima a 5.500 kg.ha⁻¹ de massa seca e ganho superior a 600 kg.ha⁻¹ de peso vivo. Lesama (1997) obteve produções de massa seca superiores a 6.000 kg.ha⁻¹, e observou o efeito das adubações nitrogenadas em pastagens consorciadas de aveia + azevém + trevo vesiculoso, o qual permitiu aumentar o acúmulo de massa seca (MS), como também a produção de MS total, quando comparada com uma pastagem de aveia + azevém + trevo vesiculoso sem adubação nitrogenada.

As pastagens temperadas quando manejadas intensamente são colhidas em várias ocasiões durante a estação de crescimento, por meio de corte ou de pastejo, e a produção de forragem anual varia, geralmente, quantidades de 8.000 a 15.000 quilograma de MS.ha⁻¹ caso o fornecimento de N não seja limitante (Ball e Crush, 1985).

2.3.1 Eficiência de utilização e recuperação do nitrogênio

A eficiência de utilização e recuperação do nitrogênio pelas plantas forrageiras é condicionada pelo potencial genético, fertilidade do solo, fracionamento e doses de adubações nitrogenadas, fontes de N, condições climáticas e utilização de animais em pastejo, contribuindo no ciclo do nitrogênio na pastagem (Mello, 1987).

A capacidade das gramíneas absorverem N, expressa em kg.ha⁻¹.ano⁻¹, é alta quando comparada com outros cultivos e, em condições favoráveis, pode ser de mais de 500 kg.ha⁻¹.ano⁻¹. Entretanto, existe uma larga variação na absorção diária, a qual depende de fatores tais como estágio de crescimento da gramínea e intervalo desde a aplicação da última fertilização e/ou desfolha (Whitehead, 1995).

A recuperação aparente de N é definida como a quantidade de N na forrageira de

uma parcela fertilizada menos a quantidade de N na forrageira de uma parcela não fertilizada com N. A quantidade de N desta última parcela é uma estimativa do suprimento de N pelo solo e atmosfera. Conforme essa definição a quantidade de N recuperada dos fertilizantes nitrogenados pelas gramíneas fica entre 50% e 80%, sendo que na maioria dos casos fica entre 65% e 70% (Mazzanti e Lemaire, 1994; Whitehead, 1995). O nitrogênio que não é recuperado pela pastagem é perdido ou imobilizado pelos resíduos orgânicos e microorganismos. A recuperação pode passar dos 100% do N aplicado, pelo aumento na disponibilidade de nitrogênio no solo (Dougherty e Rhykerd, 1985).

Quanto às forragens, especificamente, a recuperação do N proveniente dos fertilizantes, pela porção colhível, fica em torno de 50% a 60% (Long e Gracey, 1990). Já, Høgh-Jensen e Schjoerring (1997) constataram que a associação de trevo mais azevém perene permitiu uma recuperação de até 46% do N aplicado na forma de uréia. Esta taxa de recuperação da uréia é comum devido a sua alta velocidade de conversão em amônio, resultando em elevadas perdas por volatilização e desnitrificação (Haynes e Williams, 1993; Whitehead, 1995).

A baixa eficiência de utilização de um insumo de alto custo como é o N resulta em menor rentabilidade para os produtores e compromete a sustentabilidade dos sistemas de integração lavoura-pecuária. Uma alta proporção do N oriundo dos fertilizantes inorgânicos que não é rapidamente utilizada pelas pastagens ou culturas é perdida, provocando contaminação ambiental e desequilibrando ao sistema, exigindo aportes cada vez maiores de aplicação para dar sustentação às produtividades esperadas (Baethgen, 1992).

Uma maior eficiência da adubação nitrogenada pode ser observada quando o nutriente é aplicado em plantas que apresentam sistema radicular mais desenvolvido, o que proporcionaria maior absorção de N pelas plantas. A presença de maiores teores de matéria orgânica contribui para imobilização temporal do nutriente que posteriormente ficaria disponível para as próximas culturas. Tais fatores reduzem os índices de perdas de N (Korndörfer *et al.*, 1997).

George *et al.* (1973) observou que nas pastagens formadas por gramíneas e/ou misturas de gramíneas/leguminosas, com o aumento nas taxas de fertilização de nitrogênio, ocorre freqüentemente um aumento quase linear na produção de forragem, a qual fica entre 18 a 34 quilograma de MS por quilograma de N aplicado com uma adubação nitrogenada que oscila entre 200 e 500 kg.ha⁻¹ de N por ano. Enquanto que Frame e Boyd (1987) encontraram 7,3; 9,0 e 10,8 quilograma de MS por quilograma de N aplicado, nas doses de 120; 240 e 360 de MS por quilograma de N aplicado, respectivamente.

No estudo de Lupatini *et al.* (1998), com níveis de adubação nitrogenada em aveia preta e azevém sob pastejo, a eficiência de utilização do nitrogênio na produção foi de 29,5 e 20,1 quilograma de MS por quilograma de N aplicado e de recuperação do N pela pastagem de 76% e 84%, respectivamente, para 150 e 300 kg.ha⁻¹ de N. A resposta por quilograma de N aplicado declina até que a máxima produção seja atingida, então este é o ponto onde a resposta a novas adições de N é zero.

Em sistemas de corte de forrageiras a eficiência de utilização do N oriundo de fertilizantes é geralmente alta e mesmo com elevadas taxas de aplicação de adubos (400 kg.ha⁻¹ de N) pouco N fica no campo (Prins, 1980). Consequentemente, a lixiviação de nitratos após o corte de forrageiras é freqüentemente baixa (Simmelsgaard, 1998).

A superioridade na produção de MS das gramíneas forrageiras sob pastejo em relação aos cortes freqüentes, em experimentos com uso de doses de N deve-se ao manejo adequado da pastagem e à maior eficiência de utilização do nitrogênio nas condições de pastejo. Estas diferenças podem ser explicadas, principalmente, pelo efeito marcante do animal sobre a pastagem, modificando a estrutura das plantas e participando do ciclo do nitrogênio na pastagem, contribuindo na reciclagem deste nutriente, via urina e fezes, melhorando a sua eficiência de aproveitamento pela interação solo-planta (Armstrong *et al.*, 1998).

Aspecto importante da utilização de fertilizantes nitrogenados é a estratégia de aplicação dos mesmos às pastagens com o objetivo de estimular a produção das mesmas sem, contudo, prejudicar a população do trevo e a fixação biológica de N e, através do manejo apropriado destas, permitir um aporte residual importante para a cultura sucessora. Para tanto, é necessário o entendimento de como o N inorgânico afeta a produção das gramíneas e das leguminosas da pastagem no sistema e como o manejo animal atua nos processos de reciclagem.

2.4 ALTERAÇÕES NA COMPOSIÇÃO BOTÂNICA DA PASTAGEM

Os sistemas de cultivo normalmente utilizados no estabelecimento das pastagens de inverno são o convencional, cultivo mínimo e plantio direto. Os sistemas, que utilizam operações no preparo do solo favorecem a germinação das sementes de outras espécies presentes na área, principalmente pela exposição destas à luz na superfície do solo, sendo um dos mais importantes fatores ambientais responsáveis pela superação da dormência das sementes de muitas espécies, promovendo e aumentando a germinação (Klein e

Felipe, 1991). A falta de sombreamento durante o crescimento inicial das pastagens de inverno não impede o desenvolvimento de outras espécies competindo pela luz, água e nutrientes.

Em misturas gramínea-trevo ocorre um ciclo de maior proporção de trevo em uma época e maior proporção de gramínea em outra em razão da movimentação do N fixado biologicamente dentro da mistura, ocasionados pelos dejetos animais, pela liteira e pela senescência de raízes e nódulos (Boller e Nösberger, 1987; Ledgard, 1991). Quando é semeada uma mistura gramínea-trevo em um solo de baixa fertilidade, e outros nutrientes que não o N são adicionados, inicialmente os trevos tomam-se dominantes e, aos poucos, o N passa a ser transferido para as gramíneas. Depois de alguns meses ocorre um aumento na quantidade de N transferido, o que resulta em um maior crescimento da gramínea. Como consequência, esta passa a competir com o trevo, provocando uma menor proporção deste na mistura e ocasionando uma menor fixação biológica de N. O crescimento contínuo da gramínea aumenta a imobilização do N, reduzindo seu teor disponível no solo, o que prejudica a continuidade do seu crescimento, permitindo que o trevo volte a crescer novamente, constituindo-se num ciclo de proporções variadas de gramínea-trevo ao longo do tempo (Loiseau *et al.*, 2000).

A adubação, o pastejo seletivo e a competição por luz têm grande influência na determinação da composição botânica da pastagem, sendo que isoladamente a luz apresenta a maior importância. A fertilização nitrogenada também pode alterar as relações entre as espécies que compõem a pastagem (Dougherty e Rhykerd, 1985). Schils *et al.* (1999), pesquisando mistura de pastagem (azevém perene + trevo branco), observou redução na porcentagem de trevo branco de 38% para 29% com a fertilização nitrogenada variando de 0 a 50 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente. Na Nova Zelândia existem muitas informações da resposta do N em pastagens de azevém e trevo branco, indicando que o déficit de nitrogênio é comum, e a aplicação de até 50 kg.ha⁻¹ de N não apresentou reduções significativas na fixação biológica de N (Moron e Risso, 1994). Estes autores ainda observaram aumento no rendimento das gramíneas e recomendam adubações entre 25 e 50 kg.ha⁻¹ de N, com maior eficiência no final de inverno e início de primavera.

Diretamente o N mineral prejudica o crescimento e a população do trevo por reduzir a densidade dos pontos de crescimento devido à inibição do desenvolvimento das gemas axilares, à morte das ramificações jovens e à diminuição da proporção de matéria seca alocada para os estolões (Soussana *et al.* 1995; Fisher e Wilman, 1995; Höglind e Frankow-Lindberg, 1998) . Indiretamente, por estimular o crescimento das gramíneas,

provoca uma maior competição pela luz, aumentando o custo energético com a maior alongação dos pecíolos devido aos baixos níveis de radiação dentro de um dossel de misturas recebendo N (Soussana *et al.*, 1995; Laidlaw e Withers, 1998) e, em razão disso, permitir uma seleção passiva pelos animais, tornando-o mais suscetível à desfolha. (Boller e Nösberger (1987) verificaram que a aplicação de 90 a 150 kg.ha⁻¹ N em mistura de azevém anual e trevo branco reduziu em 33% a quantidade de N do trevo oriundo da fixação biológica.

Vários trabalhos demonstram o efeito negativo da aplicação de fertilizantes nitrogenados para a contribuição do trevo em misturas com gramíneas, todos apresentando quedas significativas na população de plantas e produção (Boller e Nösberger, 1987; Frame e Boyd, 1987; Humphreys, 1997; Schils *et al.*, 1999), mostrando que há dificuldade de controlar a população de trevo em pastagens consorciadas e a necessidade de maiores informações sobre o comportamento do trevo em diferentes áreas onde se aplica nitrogênio.

As pressões de pastejo mais pesadas, que condicionam resíduos menores, provocam reduções na participação do milheto na composição botânica da pastagem e beneficiam a contribuição de outras gramíneas, principalmente aquelas que apresentam hábito de crescimento prostrado (Moraes, 1984). Na pressão de pastejo de 10% do peso vivo, o milheto contribuiu com 66% na composição botânica média da pastagem, outras gramíneas com 28% e plantas daninhas com 6%.

Inicialmente, quando o consórcio trevo-gramínea é semeado em um solo infértil, onde os outros nutrientes sejam fornecidos com exceção do N, o trevo torna-se dominante e há pouco N transferido à gramínea. Após alguns meses, aumenta a quantidade de N transferido e como resultado o crescimento das gramíneas é promovido. A gramínea então tende a competir mais estreitamente e resulta na redução da proporção de trevo, diminuindo a fixação. O contínuo crescimento das gramíneas eventualmente resulta numa depressão da disponibilidade de N no solo, o qual restringe o crescimento das gramíneas, permitindo ao trevo aumentar novamente. O trevo cresce bem unicamente quando o fornecimento de N é insuficiente para um máximo crescimento das gramíneas (Harris, 1990).

De modo geral, a aplicação de N em pastagem com leguminosas e gramíneas ocasiona uma redução na proporção de leguminosas na pastagem. Este fato ocorre principalmente em função do estímulo e maior taxa de crescimento da gramínea promovendo sombreamento excessivo da leguminosa e também devido a substituição do N

fixado pelos nódulos do sistema radicular da leguminosa pelo N do fertilizante (Dougherty e Rhykerd, 1985). No entanto, o N utilizado em pastagens consorciadas pode permitir ainda aumentos nos rendimentos de matéria seca e produção animal por área.

Embora a adubação nitrogenada possa aumentar os rendimentos de produto animal por área, pode causar também a redução do crescimento e a quantidade da leguminosa na pastagem, como confirmam o estudo de Ball *et al.*, (1979). No trabalho de Frame (1987) observou-se que as parcelas que receberam as doses 0, 120, 240, e 360 kg.ha⁻¹ de N apresentaram uma porcentagem de 53%, 28%, 11% e 4% de trevo na pastagem composta por gramínea (azevém perene) e trevo.

Frame e Boyd, (1987), estudando o comportamento da mistura (azevém perene + trevo branco) durante três anos consecutivos, observaram que com a aplicação de doses de 0, 25, 50 e 75 kg.ha⁻¹ a porcentagem de trevo branco na pastagem variou de 65%, 57%, 53 % e 45%, respectivamente, no primeiro ano de avaliação; no segundo ano variaram de 25%, 19%, 14% e 12% e no último ano de 33%, 29%, 24% e 23%. Como há freqüentemente um declínio do vigor das pastagens consorciadas gramíneas-trevo após o segundo ou terceiro ano de utilização, uma possibilidade estratégica para um produtor que está desejando maximizar a contribuição do trevo é confiar principalmente no trevo nos primeiros anos de utilização é aumentar a taxa de fertilização nitrogenada conforme declinar o vigor do trevo. Outra alternativa estratégica é dividir a área disponível de pastagem em duas partes, uma estando inteiramente dependente do trevo e outra dependente do fertilizante nitrogenado (Elgersma, *et al.*, 1998).

Na utilização de pastagem consorciada gramínea/trevo em combinação com adubação nitrogenada, podem ocorrer a longo prazo alterações na composição botânica, na estabilidade da pastagem e no fluxo do nitrogênio no sistema. Esta combinação do trevo x adubação nitrogenada durante um longo período depende do estabelecimento e manutenção de uma adequada proporção de trevo na pastagem e do manejo correto do nitrogênio (Leconte e Leau, 1993).

2.5 PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS NOS SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

A produção animal em pastagens de gramíneas consorciada com leguminosas de estação fria é dependente da relação entre o comportamento animal e os atributos das pastagens. Dentre as espécies cultivadas no inverno, segundo Moraes *et al.* (1995), os

grandes destaques em termos de espécies forrageiras ficam por conta do azevém e da aveia e/ou misturas da pastagem (azevém + aveia + trevo). O azevém consagrou-se como grande opção pela sua facilidade de semeadura natural, resistência à doenças, bom potencial de produção de sementes e versatilidade de uso em associações. Enquanto que a aveia apresenta uma área de cultivo superior a do azevém no sul do Brasil, sendo a espécie preferida em áreas com integração lavoura-pecuária, devido a seu ciclo de produção mais curto que não interfere na época de cultivo de lavouras de verão.

O trevo melhora o valor da dieta ingerida pelo animal em pastejo (Poppi e McIennan, 1995), além de possuir a habilidade de fixar N_2 da atmosfera que é aproveitado pela pastagem.

Nos sistemas de produção o ganho de peso médio diário (GMD) dos animais tem grande importância, determinando a idade de entoure das fêmeas e o abate dos machos e quanto mais intensivo o sistema, maiores ganhos de peso são exigidos e, conseqüentemente, maior deve ser a qualidade da alimentação. A faixa entre 0,50 a 0,75 quilograma de ganho de peso diário ao longo do ano é um desafio constante na produção animal em pastagens (Maraschin, 1986).

O ganho de peso médio diário é dependente de fatores associados ao animal e à pastagem. Na pastagem, influenciam o valor nutritivo, composição botânica, estrutura da pastagem, palatabilidade e forragem disponível; no animal, o potencial genético, taxa de consumo e a eficiência de conversão do alimento consumido em produto animal (Gomide, 1994). Uma ótima produção animal depende da habilidade do animal colher a forragem de uma maneira efetiva e eficiente (Stuth, 1991). A variação na estrutura da vegetação determina a oportunidade de seleção (Hodgson, 1990). Mas, segundo Hodgson (1994), a seleção em pastejo é feita mais por uma pequena área de vegetação do que por plantas individuais.

O ganho de peso médio diário nos trabalhos realizados no RS em pastagem de milheto variaram de 0,556 a 1,188 quilograma por animal (Moraes e Maraschin, 1988; Moojen, 1993) e os ganhos médios diários mais freqüentes com esta espécie estão na faixa de 0,6 a 0,8 quilograma por animal, utilizando lotações intermediárias (Hillesheim, 1988).

Quadros e Maraschin (1987) obtiveram ganhos médios diários de 0,705, 0,883 e 1,018 quilograma e ganho de peso vivo de 515, 592 e 568 kg.ha⁻¹ nos tratamentos com misturas de espécies forrageiras de estação fria de azevém + avia preta + trevo vesiculoso, azevém + trevo vesiculoso e azevém + trevo branco + cornichão, respectivamente, sendo

que o período de pastejo foi de 149 dias com uma pressão de pastejo semelhante em todos os tratamentos (6,0 quilograma de MS por 100 quilograma de peso vivo/dia). Moraes (1991) obteve ganhos médios diários de -0,51, 0,377, 0,592 e 0,833 kg.animal⁻¹.dia⁻¹ e ganho de peso vivo de -44, 150, 246 e 212 kg.ha⁻¹ com uma pressão de pastejo de 5,0, 9,2, 10,9 e 14,7, respectivamente, numa pastagem de pangola + azevém + trevo branco, com 66 dias de pastejo.

Jones *et al.* (1991) em área de pastagem-lavoura, compararam os ganhos de peso de bovinos em pastagem nativa com ganhos de peso quando os animais que foram removidos da pastagem nativa (por um período de 120 dias por ano) na estação seca (julho a outubro) e colocados para pastejar uma área de lavoura-pastagem e resíduos de cultura. Durante a estação seca, os animais da área de lavoura-pastagem ganharam em média 0,455 kg.animal⁻¹.dia⁻¹ enquanto que os da pastagem nativa tiveram perdas de 0,250 kg.animal⁻¹.dia⁻¹. Em outro trabalho com pastagem constituída de gramínea e leguminosa Tyson *et al.* (1992) obtiveram um ganho médio diário de 0,82, 0,84 e 0,74 kg.animal⁻¹.dia⁻¹ com uma carga animal média de 783, 881 e 925 kg.ha⁻¹ e com ganho animal de peso vivo anual de 962, 1.054 e 1.250 kg.ha⁻¹ para as doses de 0, 200 e 400 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, respectivamente, durante cinco anos de pesquisa, foram utilizados animais da raça Hereford x Friesian, pesando entre 270 a 330 quilograma.

Filho e Quadros (1995) encontraram um ganho médio diário de 0,714 e 0,558 kg.animal⁻¹.dia⁻¹ e ganho animal de peso vivo de 300,9 e 286 kg.ha⁻¹, respectivamente, utilizando uma pressão de pastejo em torno de 10%, num período de pastejo de 84 dias, utilizando temeiras cruza Nelore x Charolês.

Lesama (1997), em trabalho realizado no inverno/outono no Rio Grande do Sul, comparou os tratamentos de Aveia preta + Azevém + Trevo Vesiculoso, Aveia Preta +Azevém + Trevo Vesiculoso + 150 kg.ha⁻¹ de N e Aveia Preta +Azevém + Trevo Vesiculoso +300 kg.ha⁻¹ de N , obtendo um ganho médio diário (GMD) de 0,928, 1,091 e 0,839 kg.animal⁻¹.dia⁻¹ e ganho de peso vivo de 516, 720 e 650 kg.ha⁻¹ para os respectivos tratamentos, com 96 dias de pastejo. Johnson e Morrison (1997), estudando o efeito do nitrogênio na produção animal nas doses de zero e 50 kg.ha⁻¹ de N, encontraram ganho animal diário de 0,92 kg.animal⁻¹.dia⁻¹ e ganho de peso vivo de 1.042 kg.ha⁻¹, numa mistura de Azevém perene + trevo branco, com animais da raça Hereford x Friesian com peso médio de 222 quilograma com idade de 6 a 9 meses.

Em Guarapuava-PR, Lustosa (1998) obteve ganhos de peso médio diário de 0,134, 0,408 e 0,658 no ano de 1995 e 1,145, 1,149 e 1,232 kg.animal⁻¹.dia⁻¹ no ano de

1996, com um ganho de peso vivo de 102, 159 e 205 no ano de 1995 e de 701, 505 e 403 kg.ha⁻¹ no ano de 1996, para os níveis de ofertas de matéria seca (quilograma MS por 100 quilograma de peso vivo) de 5% 10% e 15%, respectivamente, sendo que o período de pastejo foi de 121 dias para o ano de 1995 e de 87 dias no ano de 1996.

Em recente estudo Roso *et al.* (1999) obtiveram um ganho médio diário de 0,693, 0,685 e 0,665 kg.animal⁻¹dia⁻¹ com uma carga animal de 1.210, 1.055 e 1.116 kg.ha⁻¹ e um ganho de peso vivo de 651, 569 e 592 kg.ha⁻¹ e com utilização de 12,7, 14,6 e 10,5 quilograma de MS desaparecida por quilograma de peso vivo produzido, nos tratamentos (azevém + trevo), (aveia + azevém) e (azevém + aveia + trevo), respectivamente. O período de pastejo foi de 144 dias, com lotação contínuo e carga animal variável e animais pertencentes aos grupos genéticos Charolês, Nelore e cruzas, utilizando uma adubação nitrogenada de cobertura na pastagem de 175 kg.ha⁻¹ de N. Restle *et al.* (2000), trabalhando com bezerras de corte com idade média inicial de 10 meses, mestiças Charolês e Nelore, observaram um ganho médio diário (GMD) de 0,579 e 0,615 quilograma e um ganho de peso vivo (GPV) de 428 e 453 quilograma e com uma carga animal de 873 e 842 kg.ha⁻¹ para as fontes de N uréia e sulfato de amônio, respectivamente.

Laws *et al.* (2000) obtiveram um GMD numa pastagem azevém perene (*Lolium perenne*) + trevo branco durante 5 anos de estudos foi de 0,92 quilograma e ganho médio anual de peso vivo por hectare de 891 kg.ha⁻¹, utilizando uma adubação nitrogenada de 280 kg.ha⁻¹ de N por ano e utilizando animais com peso em torno de 200 quilograma da raça Limousin.

Em animais com potencial genético semelhante, o ganho diário por animal reflete a qualidade da dieta oferecida pela pastagem (Mott e Moore, 1985), sendo influenciado, principalmente, pela quantidade MS consumida, composição química e digestibilidade da forragem (Maraschim, 1986; Blazer, 1990). O consumo de MS e a digestibilidade da forragem são, geralmente, correlacionados positivamente (Mott e Moore, 1985) e estes apresentam alta correlação com o ganho de peso por animal (Euclides, 1994). O consumo diário de matéria seca nos bovinos é dependente, principalmente, do tamanho do animal, tipo de dieta, idade e condição corporal.

Em pastagens tropicais, o elevado ganho de peso por animal depende do pastejo controlado e consumo de matéria seca digerível (Blaser, 1990), sendo que o maior desempenho animal é conseguido com alto consumo de forragem de boa qualidade, que sob pastejo, é formada, principalmente, por folhas recém- expandidas ou em expansão (Corsi, 1984). O aumento na eficiência de conversão de forragem em produtos animais é

obtida com incremento na produção por animal. Quando o consumo de energia ou matéria seca digerível aumenta acima da necessidade de manutenção, maior quantidade de forragem ingerida é transformada em produto animal (Blaser, 1990).

Pesquisas com forrageiras tropicais de Capim-Colonião (*Panicum maximum*) realizado por Favoretto *et al.* (1985) mostraram ganhos médios diários no período das secas de 0,264 e 0,114 kg.animal⁻¹dia⁻¹ e durante a estação chuvosa de 0,475 e 0,502 kg.animal⁻¹dia⁻¹, para Capim-Colonião consorciado com leguminosa adubado com 100 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente.

Também com pastagem tropicais, Cóser e Maraschin (1983), encontraram um ganho médio diário de 0,78 e 0,71 kg.animal⁻¹dia⁻¹ numa pastagem de milheto (*Pennisetum americanum* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L.), respectivamente. Enquanto que Moojen (1993) em pastagem de milheto com níveis de adubação nitrogenada obteve um ganho de peso vivo de 239, 467 e 658 kg.ha⁻¹ para 0, 150 e 300 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente. Moojen, *et al.* (1999), obteve uma relação linear positiva com os níveis de adubação nitrogenada no ganho médio diário que variou de 0,553 a 0,764 kg.animal⁻¹dia⁻¹, na carga animal que teve uma variação de 1.581 a 2.871 kg.ha⁻¹ de peso vivo e no ganho de peso vivo que variou de 245 a 665 kg.ha⁻¹, entre os níveis zero e 300 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, para a pastagem de milheto com 86 dias de pastejo.

Resultados de pesquisa (Lesama, 1997; Lustosa, 1998; Restle, (1999) e Restle, *et al.* 2000) demonstram que a mistura de gramíneas (azevém + aveia e/ou + trevo branco) apresentam elevado potencial de produção animal quando utilizam-se manejo adequado e elevada fertilização nitrogenadas.

No sistema integração lavoura-pecuária, a utilização de pastagem de estação fria, é amplamente usada no sul do Brasil para suprir o déficit alimentar dos rebanhos bovinos durante o outono e inverno, porém, com rendimentos muito abaixo do seu potencial, em função muitas vezes do inadequado manejo e falta de adubação, principalmente do nitrogênio.

2.6 ANIMAIS E A CICLAGEM DO NITROGÊNIO

Sendo os herbívoros um componente dos ecossistemas pastoris sua influência em tais sistemas pode ocasionar transformação de nutrientes, de taxas de ciclagem de nutrientes, de disponibilidade de nutrientes ocasionados por respostas das plantas ao pastejo e à ciclagem de N. O pastejo pode influenciar os processos de

mineralização/imobilização de N, facilitar a rápida decomposição de substratos (Singh *et al.* 1991), além de aumentar a taxa de reciclagem de N resultante da deposição de urina e fezes (Bauer *et al.*, 1987). O pastejo também proporcionaram aumentos da disponibilidade de nutrientes por meio da manutenção na superfície do solo de uma fração de nutrientes orgânicos facilmente mineralizáveis, onde são mais acessíveis às plantas e aos microorganismos (Archer e Smeins, 1991).

As culturas de cobertura no inverno desempenham importante papel no manejo do nitrogênio, especialmente em áreas com elevada precipitação. As gramíneas podem usar uma significativa quantidade de N de fertilizantes e de N residual do solo, durante o período de rápido crescimento, mas apresentam um risco de imobilização temporária em razão da ampla relação C/N observada durante o final do ciclo, esse problema pode ser amenizado com a utilização de misturas de gramíneas e leguminosas (Odhiambo e Bonke 2001).

O pastejo tem efeito marcante na ciclagem de N e aumenta o potencial de perdas do nutriente. Isto ocorre porque os ruminantes excretam de 75% a 95% do N por eles absorvidos, criando um considerável estoque de N na pastagem e a extensão disto dependerá das taxas de fertilização do solo, da ingestão ou não de concentrados, da taxa de lotação da área, do tempo de pastejo e da composição botânica da pastagem (Cuttle e Scholefield, 1995).

Segundo Baethgen (1992), o aporte de nitrogênio dentro do sistema de integração lavoura-pecuária se dá pela introdução de fertilizantes nitrogenados e pela mineralização do N orgânico do solo oriundo do seu conteúdo natural, da contribuição da liteira das pastagens, dos dejetos animais, e da fixação biológica. Por outro lado, as perdas são consequência da remoção de N pelas culturas e produtos animais e dos processos de volatilização da amônia, desnitrificação, lixiviação do nitrato e erosão (Laws *et al.* 2000; Baethgen, 1992;). Desta forma, qualquer estratégia para buscar um balanço positivo do N dentro do sistema deveria procurar maximizar a sua utilização pelas plantas e minimizar suas perdas. A utilização de pastagens anuais com animais favorece a reciclagem deste nutriente, tornando-o mais rapidamente disponível tanto para a pastagem como para a cultura subsequente. Porém, a presença de animais sob pastejo no sistema pode elevar as perdas de nitrogênio por lixiviação, desnitrificação e volatilização quando não ocorre uma sincronia entre a liberação do N e sua rápida absorção pelas plantas (Baethgen, 1992; Loiseau *et al.* 2001).

A quantidade de N fixada pelo trevo está na dependência de uma série de fatores

ambientais, de solo e de manejo das pastagens, os quais interferem diretamente no crescimento e manutenção da leguminosa na pastagem. Enquanto que em cultivo isolado Kumar e Goh (2000) observaram uma quantidade fixa de 327 kg.ha⁻¹ para o trevo branco, Boller e Nösberger (1987) citam que para que haja uma fixação nitrogenada acima de 200 kg.ha⁻¹ por ano é necessário que o trevo, em consórcio com gramíneas, apresente uma proporção superior a 50% do total da matéria seca produzida, proporção esta dificilmente mantida sob pastejo.

Um dos principais fatores que interferem na fixação biológica do N pelo trevo é a presença de nitrogênio inorgânico no solo, elemento amplamente utilizado na rotação lavoura-pecuária. Embora o nitrogênio mineral não se constitua em “um problema para o trevo”, uma vez que, em monoculturas, o trevo suprido com nitrogênio inorgânico apresenta crescimento significativamente superior ao dependente exclusivamente da fixação biológica (Loiseau *et al.* 2001), a sua presença suprime a fixação de N₂ por meio da redução da atividade da nitrogênase, pelo decréscimo da formação de nódulos e, algumas vezes, devido ao aumento da taxa de senescência dos nódulos (Hoglund e Brock, 1987). Porém, quando consorciado com gramíneas, a aplicação de N mineral compromete o crescimento e a população do trevo tanto direta como indiretamente.

Outro fator que pode concorrer decisivamente para a fixação biológica de N pelo trevo branco é o manejo empregado pelo pastejo, embora existam algumas contradições entre os autores. Humphreys (1997) cita que a desfolha estimula a senescência prematura dos nódulos prejudicando a fixação biológica e a produção do trevo. Fisher e Wilman (1995) e Wilman e Fisher (1996) comentam que a combinação de aplicação de nitrogênio com longos intervalos de desfolha pode ser danoso para o trevo branco em misturas, por estimular o crescimento das gramíneas e aumentar a competição pela luz. Por outro lado, Unkovich *et al.* (1998) relatam que o trevo subterrâneo consorciado com azevém anual apresentou maior fixação biológica de N (153 kg.ha⁻¹) em pastejo intensivo do que em pastejo leve (131 kg.ha⁻¹). Sanford *et al.* (1995), trabalhando com a mesma leguminosa, apontou que, sob pastejo, o trevo excedeu, em longa margem, a fixação biológica de N (188 kg.ha⁻¹) do adjacente sem pastejo (103 kg.ha⁻¹).

Sendo assim, as áreas influenciadas pela urina podem receber quantidade de uréia que equivaleria à aplicação de 300 a 600 kg.ha⁻¹ de N. A comunidade de plantas desta área é severamente influenciada, incluindo a redução de atividade de fixação de N₂ por um ou dois meses (Haynes e Williams, 1993). A uréia é rapidamente degradada (meia-vida de 3 a 4 horas) e, subsequente, ocorre um rápido aumento nos teores de nitrato

(N-NH_4^+) e em menor extensão, um incremento de nitrito (N-NO_3^-). Contudo, após três semanas os níveis de N inorgânico voltam ao normal. Portanto, a maior parte de áreas de pastagem que recebem baixas doses de adubação nitrogenada devem apresentar, em geral, um baixo teor de nitrogênio inorgânico no solo. Contudo, a concentração de N inorgânico em pequenas áreas poderia acarretar perdas por volatilização, lixiviação e desnitrificação e o N presente na urina é considerado como um dos aspectos críticos entre os que influenciam o balanço entre a reciclagem e as perdas de N (Marriott *et al.*, 1987).

Parsons *et al.* (1991), em trabalho realizado com ovinos, em pastejo de trevo-azevém perene, concluíram que as gramíneas cultivadas em consórcios que recebem baixa quantidade de N, via fertilizantes, encontram-se expostas, constantemente, a uma limitação de N para o crescimento da planta, provocando rápida absorção do N pelas plantas, sustentando grande proporção de N da “*fração de ciclagem rápida de N*”, conforme definido por Floate (1981) o que reduziria, conseqüentemente, a perda do elemento.

Em adição, sob uma situação de limitação de N, os componentes senescentes da planta apresentaram um alta relação C/N o que contribuiria para um aumento de demanda de N pela biomassa do solo. Uma taxa de suprimento de carbono mais elevada do que nitrogênio para o solo poderia acentuar o acúmulo de nitrogênio na matéria orgânica (MO) do solo e sua imobilização na *fração de ciclagem lenta de nitrogênio*, o que poderia reduzir sua disponibilidade para o crescimento das plantas, mas também e indubitavelmente, reduziria as perdas de nitrogênio (Hoglund, 1985 e Thornley e Verberne, 1990; Armstrong *et al.* (1998). Assmann *et al.* (2001) constataram que o nitrogênio presente na fração jovem da matéria orgânica do solo composta pela fitomassa de raízes ($\text{MO} > 2 \text{ mm}$) e por partículas de macro-matéria orgânica ($\text{MO} > 0,2 \text{ mm}$) tem um tempo de residência no solo que decresce de 11 a 6 meses, na medida em que se aumenta a proporção de trevo branco em áreas de pastagens não fertilizadas, cultivadas com azevém perene (*Lolium perenne*).

O nitrogênio presente na urina é o que apresenta as maiores perdas em razão de estar, em sua maioria, na forma mineralizada, enquanto que o nitrogênio das fezes encontra-se em grande parte na forma orgânica e não está prontamente disponível para as plantas, sendo incorporado no nitrogênio orgânico do solo e mineralizado ao longo do tempo (Ledgard, 1991). Em torno de 70% do nitrogênio excretado pelos animais se encontra na urina, a qual é localizada em pequenas áreas em concentrações muito altas e, portanto, sujeito a perdas significativas.

Decau *et al.* (1997) fizeram uma descrição quantificada dos fluxos anuais do nitrogênio em uma pastagem com vacas leiteiras e, em média, encontraram os seguintes coeficientes de destino para o N oriundo das dejeções que constam da Tabela 1.

TABELA 1 Coeficientes de repartição do nitrogênio da urina e das fezes

Destino	Fezes (%)	Urina (%)
N orgânico do solo	69	31
Absorção pela planta	9	29
Volatilização	3	16
Desnitrificação	2	2
Lixiviação	17	22

Fonte: Decau *et al.* (1997)

Além disso, a concentração de N nas fezes e urina e o volume excretado das mesmas podem variar com o tipo de animal e idade, com a dieta e com as condições ambientais (Jarvis *et al.*, 1989; Haynes e Williams, 1993), promovendo variações na quantidade depositada nos diferentes locais da pastagem. Jarvis *et al.* (1989), trabalhando com novilhos da raça Holandesa, pesando cerca de 200 quilograma, e consumindo pastagem de azevém recebendo 210 e 420 kg.ha⁻¹ de N ou consorciada com trevo branco sem aplicação de N, observaram haver pequena diferença no retorno fecal de N entre os tratamentos, mas grandes diferenças no retorno do N urinário. Foram encontrados na urina 74%, 60% e 56% do N total excretado para os tratamentos de 420, 210 kg.ha⁻¹ de N e consorciação com o trevo, respectivamente. Concluíram que a concentração de N na dieta não alterou significativamente a concentração de nitrogênio nas fezes, mas alterou significativamente a concentração na urina.

Haynes e Williams (1993) comentam que a excreção fecal de N é relativamente constante, sendo cerca de 0,8 gramas de N por 100 gramas de matéria seca consumida, independente do teor de N no alimento. Já a concentração de N na urina é altamente dependente da sua concentração na dieta. Estes autores citam que em ovinos consumindo forragem com mais de 4% de N, 80% do N é excretado na urina, enquanto que com forragem contendo 0,8% de N, apenas 43% do N é excretado através da urina, em razão da reduzida digestibilidade da mesma por deficiência de nitrogênio.

Assim, uma grande quantidade de N adicionado ao solo é transferido pela urina, sendo que, de acordo com Haynes e Williams (1993), 70% deste está presente na forma de uréia, ou seja, na forma inorgânica e prontamente disponível para a planta. Porém, o

nitrogênio que não é rapidamente absorvido pelas plantas é passível de perda por volatilização da amônia, lixiviação do nitrato e por desnitrificação (Jarvis *et al.*, 1989; Haynes e Williams, 1993; Misselbrook *et al.*, 1996; Luo *et al.*, 2000). Misselbrook *et al.* (1996) comentam que até dois terços do N adicionado ao solo pela urina podem ser perdido por volatilização da amônia, sendo que os valores mais prováveis de perdas situam-se entre 15% a 25%.

Portanto, existe a necessidade de um rápido aproveitamento do N disponível para reduzir o percentual de perdas na fase de pastagem sob pastejo, de modo que este N, através do processo de reciclagem, possa estar disponível na época apropriada para a cultura de verão subsequente. Porém, de acordo com Baethgen (1992) e Haynes e Williams (1993), as áreas onde a urina é depositada recebem uma carga de uréia que pode representar de 300 a 600 kg.ha⁻¹, sendo que as plantas correspondentes não podem utilizar imediatamente doses tão elevadas de N, provocando altas perdas, o que está de acordo com Thomas *et al.* (1990) que comentam que a quantidade de N nos locais de deposição de fezes e urina excede em muito as necessidades para o crescimento das pastagens. Para que haja um bom aproveitamento do N disponível, é necessário que as pastagens sejam devidamente manejadas, buscando-se manter uma área foliar residual mínima que permita uma taxa fotossintética elevada para a produção da energia necessária para a utilização deste nitrogênio ocorrendo, como consequência, alta taxa de crescimento (Richards, 1993; Lemaire, 1999). Isto permitiria uma rápida reciclagem de N entre solo, plantas e animais, de maneira que o N fosse reutilizado muitas vezes durante a estação de crescimento, reduzindo as perdas e mantendo-o disponível para a cultura seguinte (Floate, 1981).

A proporção de N₂ fixado pelas leguminosas que é transferido para a gramínea é variável, podendo apresentar valores que vão de zero até 75%, dependendo do intervalo de tempo transcorrido desde a semeadura e tempo de manejo com animais. Segundo Boller e Nösberger (1987), cerca de 1% a 50% do N acumulado na gramínea origina-se da fixação biológica pela leguminosa, o que representa de 3% a 49% do N₂ fixado, estimando-se que, em média, 30% do N contido na biomassa da gramínea seja derivado da leguminosa associada. Já o N transferido do trevo pode ser responsável por uma grande parte do N contido nas gramíneas, podendo atingir até 80% (Broadbent *et al.*, 1982; Boller e Nösberger, 1987). Esta quantidade variável de N transferido do trevo resulta do fato que uma elevada transferência está correlacionada com uma baixa população da gramínea na mistura, significando que é necessária uma grande proporção de trevo na mistura para que

a transferência torne-se uma fonte significativa de N para a gramínea, mas a grande proporção de trevo pode limitar o uso eficiente deste N pela pequena quantidade de gramínea presente na mistura (Boller e Nösberger, 1987).

Shariff *et al.* (1994) observaram que um pastejo moderado (50% de remoção da parte aérea) resultou em taxas mais altas de decomposição e mineralização de N que os tratamentos não pastejados ou daqueles tratamentos que foram intensamente pastejados (100% de remoção da parte aérea). A taxa de decomposição de raízes e da parte aérea das plantas pastejadas moderadamente foi de 59%, enquanto que as áreas não pastejadas e as altamente pastejadas atingiram taxas de decomposição de 13% e 19%, respectivamente, no mesmo período.

As áreas com alta intensidade de pastejo apresentaram maiores teores de N-mineral, o que foi atribuído ao retorno da urina. Um efeito adicional, porém indireto, da deposição do N-urina sobre a disponibilidade de N no solo é o aumento de solubilização do N-orgânico que pode ser incentivado pelo aumento do pH na região de deposição da urina (Sen e Chalk, 1994).

Quando estudou-se a manutenção do N-fertilizante aplicado em culturas de inverno, sem a presença de animais, em alguns casos, constatou-se que esta é menor. Angus *et al.* (1998) concluíram que uma importante contribuição de N oriundo de pastagens para as culturas subsequentes é a acumulação de N-mineral no solo e de matéria orgânica facilmente mineralizável, que se encontra disponível por um ou dois anos depois do fim da fase de pastagem. Entretanto, Puckridge e French (1983), trabalhando em regiões de clima mais seco, observaram que o N fixado nas pastagens provoca uma estocagem de matéria orgânica que vai se decompor gradualmente e sustentará a produtividade de muitos cultivos posteriores. A diferença de persistência do benefício da fase de pastejo e sem pastejo pode ser atribuída aos diferentes regimes de chuva das áreas estudadas.

No caso de pastagens, também pode se atribuir uma maior persistência de N-mineral aos processos de lixiviação que levam o nitrato do solo produzido e mineralizado durante a fase de pastejo para maiores profundidades que são inacessíveis à pastagem mas que podem vir a serem atingidos pelas raízes da cultura cultivada posteriormente.

Segundo Tisdale *et al.* (1993), os teores N-NO_3^- no solo são inconstantes, o que torna os testes de solos realizados antes do plantio da cultura pouco indicados para recomendações de adubação nitrogenada. Portanto, quando as amostras de solos são coletadas próximas à máxima taxa de mineralização do N no solo, aumenta-se a eficiência

destes testes uma vez que a contribuição do N da matéria orgânica é melhor quantificada.

Os efeitos deletérios das excreções sobre o trevo são devidos mais à urina do que às fezes. A urina fornece grande quantidade de N solúvel que é rapidamente convertido a amônio e nitratos, que vêm suprimir a fixação de N_2 nas áreas que foram atingidas pela urina (Carran *et al.*, 1982; Ledgard *et al.*, 1982; Marriott *et al.*, 1987). O decréscimo inicial na fixação de N_2 é devido a absorção do amônio e do nitrato pelo trevo (Ledgard *et al.*, 1982) mas, a longo prazo, a urina também causa a morte dos nódulos e reduz o comprimento e peso dos estolões (Marriott *et al.*, 1987). No caso das fezes, particularmente de gado, existe freqüentemente afogamento de ambos, gramíneas e trevo, mas este efeito é às vezes seguido pela estimulação do crescimento do trevo (Weeda, 1977).

Quando o trevo cresce em consórcio com gramíneas, há mais quantidade de N derivada da fixação do que quando é cultivado isoladamente, sendo que esta proporção tende a aumentar com o incremento da relação gramínea/trevo. Em experimento de corte, em parcelas cultivadas com consórcio gramínea/trevo, a proporção do N-total na parte aérea do trevo atribuída a fixação foi, em média, de 75% para o trevo branco e de 86% para o trevo vermelho (*Trifolium pratense*) e a aplicação de fertilizante nitrogenado (30 kg.ha⁻¹ de N por corte) pouco influenciou estas proporções (Boller e Nösberger, 1987). Na Nova Zelândia, em consórcios bem manejados, a fixação de N freqüentemente contribui com aproximadamente 40% do N total da cobertura vegetal (Hogland e Brock, 1987). Contudo, a quantidade total de N_2 fixado, por unidade de área, é geralmente maior com cultivos de trevo isolado do que em consórcios gramínea-trevo. Boller e Nösberger (1987) sugeriram que três condições básicas devem ser atendidas para atingir-se fixação de N superior à 200 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ pelo trevo em consórcio: a) condições climáticas e de solo devem permitir produção de massa seca maior que 10.000 kg.ha⁻¹.ano⁻¹; b) a proporção de trevo presente no consórcio deve ser de pelo menos 50%; e c) no mínimo 70% do N total presente no trevo deve ser proveniente da fixação biológica.

Em muitos estudos de consórcio gramínea-trevo, a quantidade de N fixada foi maior nos segundo e terceiro anos de cultivo, e apresentou um declínio deste ponto em diante. Um dos motivos deste declínio é que, depois de um desenvolvimento inicial do consórcio gramínea/trevo, ocorre um aumento no suprimento de N do solo, particularmente se o consórcio foi pastejado. Este aumento pode reduzir a fixação e ao mesmo tempo aumentar o crescimento de gramíneas e, conseqüentemente a competição com o trevo (Loiseau *et al.*, 2000).

Quando uma leguminosa cresce em associação com uma gramínea, esta

inevitavelmente influenciará o crescimento daquela e, também, a taxa de fixação de N_2 . Embora as gramíneas diminuam a quantidade de N inorgânico disponível para as leguminosas e por esta razão ocorre uma tendência de aumento do N_2 fixado por unidade de área, também ocorre uma tendência de redução no crescimento das leguminosas devido a competição (Loiseau *et al.*, 2000).

Quando um fertilizante nitrogenado é aplicado em um cultivo isolado de leguminosa, pequena fração de N é absorvido e isto proporciona um decréscimo na fixação de N_2 . Entretanto, em consórcios gramínea/trevo que receberam aplicações de taxas normais de fertilizantes nitrogenados, a maior parte do N foi absorvido pela gramínea e apenas uma pequena proporção foi absorvida pelo trevo. O crescimento das gramíneas e aumentou pelo fertilizante nitrogenado e, conseqüentemente, a quantidade de trevo no consórcio freqüentemente diminui (Laidlaw, 1984; Frame e Newbould, 1986). A diminuição do crescimento do trevo deve-se, principalmente, ao aumento de competição pela luz, água e/ou nutrientes (Frame e Newbould, 1986).

Quando o fertilizante nitrogenado não é aplicado, o consórcio gramínea-trevo não só apresenta mais produtividade do que a gramínea isolada, mas também, a produtividade do componente gramínea, normalmente, excede a produtividade da gramínea quando cultivada isoladamente. Este aumento do crescimento de gramíneas, em consórcios, é atribuído à transferência do N existente no trevo para as gramíneas (Whitehead, 1995). A proporção de N_2 fixado pelo trevo que é transferido para a gramínea varia de 0 até 75%, dependendo do intervalo de tempo desde a semeadura e do manejo. O N transferido do trevo pode ser responsável por uma grande parte do N contido nas gramíneas, possivelmente atingindo até 80% (Boller e Nösberger, 1987; Broadbent *et al.*, 1982).

A influência do suprimento de N do solo, sobre a fixação de N_2 pelo trevo, tem sido demonstrada na Nova Zelândia. Em solos que inicialmente apresentaram baixos teores de matéria orgânica (MO) e que não tinham sido previamente pastejados, a fixação de N_2 por trevo recentemente semeado e com suprimento adequado de P e K atingiu mais que 500 kg.ha⁻¹ de N por ano (Sears *et al.*, 1965). Entretanto, estudos subsequentes em solos que receberam suplementação nitrogenada mineral mostraram menores taxas de fixação de N_2 devido, provavelmente, ao aumento da decomposição dos resíduos de trevos e à excreção de N pelos animais (Whitehead, 1995).

Algumas pesquisas têm identificado a maioria dos fatores determinantes para a magnitude de lixiviação de N. Dois desses fatores são textura e conteúdo de matéria orgânica do solo. Bergström e Johansson (1991) constataram que as maiores perdas de N-

NO_3^- por lixiviação ($65 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ de N) ocorreram em solos arenosos que continham pequena quantidade de matéria orgânica. As menores perdas de N ($20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ de N) ocorreram nos solos argilosos ou nos solos arenosos ricos em matéria orgânica. Whitehead (1995) comenta que as taxas de lixiviação de nitratos são duas a três vezes maiores em solos arenosos do que aquelas constatadas em solos argilosos.

Eriksen e Sørensen (2000) conduziram um experimento em solo siltoso e constataram que o manejo de forrageiras (corte ou pastejo) teve pequena influência sobre a lixiviação subsequente do nitrato, a qual variou 6 a $36 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N, mesmo quando a soma de adubações nitrogenadas, dos últimos três anos, variaram de 36 a $984 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N. Isto indicou que uma perda substancial de N ocorreu durante a condução da forrageira e verificaram que a aplicação de fertilizantes nitrogenados em cereais cultivados na sequência teve mais influência sobre os teores de N-NO_3^- lixiviados.

No caso de pastagens, as quantidades de N perdidas por volatilização da amônia são bem menores. Jarvis *et al.* (1989), estudando gramíneas pastejadas que receberam nível de adubação anual de $420 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, estimaram que a quantidade de amônia volatilizada foi de $25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N, o que corresponderia a 6% do N da quantidade do adubo aplicado ou a 12% do N-urina.

A presença de animais na pastagem influencia substancialmente os processos de mineralização/imobilização de N por facilitar a rápida decomposição dos substratos, em razão da deposição de fezes e urina, aumentando a taxa de reciclagem do elemento (Singh *et al.* 1991 e Bauer *et al.*, 1987).

As saídas de N no sistema de integração pastagem/lavoura podem ser por lixiviação, volatilização, desnitrificação ou pela retirada dos produtos de origem animal ou vegetal. Enquanto que as entradas ocorrem principalmente pela fertilização, fixação simbiótica, chuva e restituição de produtos de origem animal e/ou vegetal.

O balanço entre o consumo de N pela forragem e a quantidade de resíduos que retornam ao solo é um dos fatores que podem determinar a produtividade e a sustentabilidade das pastagens de estação fria, principalmente naquelas em que a leguminosa é utilizada como uma alternativa de aporte de nitrogênio ao sistema de integração lavoura-pecuária.

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em área pertencente a Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., Colônia Vitória, distrito de Entre Rios no município de Guarapuava - PR, situada na região fisiográfica denominada Terceiro Planalto Paranaense, numa altitude de 1095 m, latitude 25°43 Sul e longitude 51°29'Oeste.

3.2 CARACTERÍSTICA DE SOLO E CLIMA

O solo da área experimental é classificado como uma associação LATOSSOLO BRUNO ÁLICO relevo suave ondulado + CAMBISSOLO ÁLICO Tb relevo ondulado de vertentes curtas, substrato rochas do derrame de Trapp ambos com A proeminente, textura argilosa, fase campo subtropical (EMBRAPA, 1984).

O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfb (Maak, 1968). A temperatura média anual é de 18°C e a precipitação anual varia de 1.600 a 1.800mm, sendo os meses de abril e maio os mais secos. A insolação média é de 2.200 horas anuais e umidade relativa do ar de 80% (IAPAR, 1994).

As observações meteorológicas para o cálculo do balanço hídrico referente ao ano de 1999 foram fornecidas pela estação da Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda. O balanço hídrico (Rolim *et al.*, 1998), apresentado na Figura 1, mostra um grande período de estiagem que se iniciou na segunda quinzena do mês de julho e prolongou-se até o início do mês de setembro de 1999 (5,2 mm), sendo que a média histórica de chuva da região do referido período segundo IAPAR (1994) varia de 150 a 175 mm.

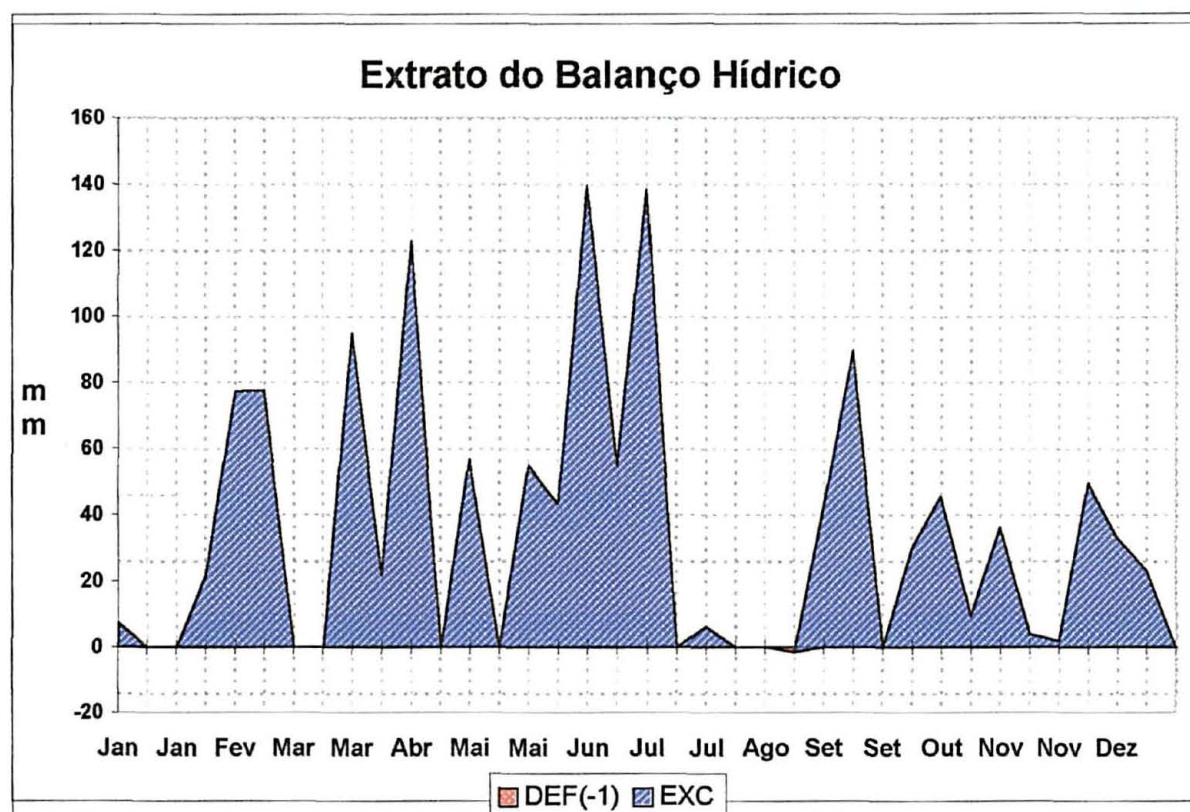


FIGURA 1 Balanço hídrico sequencial a cada intervalo de 10 dias (Rolim *et al.*, 1998), durante o ano de 1999, observadas na Estação Meteorológica de Entre Rios, Guarapuava-PR, 1999, latitude 25° 33' S Longitude 51° 29' W, Altitude 1.095 m

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental foi o de parcela subdividida em blocos ao acaso com três repetições. Foram utilizados vinte quatro parcelas com uma área de 0,4 a 0,6 ha, totalizando 15,0 ha de área experimental.

Nas parcelas foram alocados quatro níveis de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg.ha⁻¹) e nas subparcelas, a combinação de presença e ausência de trevo branco (*Trifolium repens* L.) e pastejo, perfazendo oito tratamentos, de acordo com a sequência a seguir:

- zero quilograma de N.ha⁻¹ sem trevo;
- zero quilograma de N.ha⁻¹ com trevo;
- 100 quilograma de N.ha⁻¹ sem trevo;
- 100 quilograma de N.ha⁻¹ com trevo;
- 200 quilograma de N.ha⁻¹ sem trevo;
- 200 quilograma de N.ha⁻¹ com trevo;

- 300 quilograma de N.ha⁻¹ sem trevo;
- 300 quilograma de N.ha⁻¹ com trevo.

A fonte de nitrogênio foi a uréia (45% de N), parcelada em duas aplicações na pastagem, sendo que a primeira foi realizada no dia 31/05/99, quando foi aplicado 1/3 das doses de N e a segunda aplicação foi realizada no dia 08/09/99, quando foram aplicados os 2/3 restantes das doses de N. As aplicações da adubação nitrogenada foram a lanço, um ou dois dias após as precipitações, com o solo úmido.

O objetivo era fazer três aplicações de nitrogênio, com intervalos de 45 e 90 dias após a primeira aplicação respectivamente, porém, com a falta de chuva (Figura 1) ocorrida nos meses de julho, agosto e setembro, o número e o período entre aplicações foi modificado.

Nas parcelas em que o tratamento foi a ausência do trevo branco, após 15 dias da emergência da pastagem, foi realizada uma aplicação do herbicida Metsulfuron - Methyl (Allay) na dose de 2,4 (g.ha⁻¹) de ingrediente ativo para a eliminação, principalmente, do trevo branco (*Trifolium repens* L.), uma vez que a espécie apresentou ressemeadura natural.

O pastejo foi iniciado no dia 13 de julho de 1999 e prolongou-se até o dia 14 de outubro do mesmo ano, totalizando 93 dias de pastejo.

3.4 ÁREA EXPERIMENTAL

O croqui da área experimental é apresentado na Figura 2. A área experimental foi utilizada em sistema de plantio direto há mais de 10 anos, no verão eram cultivados milho ou soja e no inverno utilizava-se a rotação com cereais de inverno e nabo forrageiro até 1995. A partir desta data iniciou-se o sistema de integração lavoura-pecuária com pastejo no período de inverno. A rotação de cultura utilizada desde então encontra-se descrita na Tabela 2.

As culturas, tanto de verão como as de inverno, vinham recebendo adubações de fósforo, potássio e nitrogênio conforme as RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO DO RIO GRANDE DO SUL (1989). A correção da acidez do solo foi realizada com calcário dolomítico de acordo com a necessidade indicada pela análise do solo, utilizando-se o método de saturação de bases.

TABELA 2 Rotação de cultura utilizada na área experimental desde o inverno de 1995

Período	Culturas
Inverno 1995	Centeio (<i>Secale cereale</i>) + Aveia branca (<i>Avena sativa</i>) + Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)
Verão 1995/1996	Soja (<i>Glycine max</i>)
Inverno 1996	Aveia branca + Azevém + Trevo Branco (<i>Trifolium repens</i>) + Trevo vermelho (<i>Trifolium pratense</i>)
Verão 1996/1997	Milho (<i>Zea mays</i>)
Inverno 1997	Aveia branca + Azevém + Trevo Branco + Trevo vermelho
Verão 1997/1998	Soja
Inverno 1998	Aveia branca + Azevém + Trevo Branco
Verão 1998/1999	Soja

3.5 ESTABELECIMENTO DA PASTAGEM

3.5.1 Semeadura

A semeadura foi realizada no dia 04 de abril de 1999 em sistema de plantio direto após a colheita da soja, utilizando-se 80 kg.ha⁻¹ de aveia branca (*Avena strigosa* Scherb) da mistura: (50 % da cultivar FAPA 2 e 37,5 % da cultivar FAPA 1 e 12,5 % da linhagem ER 93152) e 20 kg.ha⁻¹ de azevém (*Lolium multiflorum*), com espaçamento entre linhas de 17 cm. Sendo assim, a pastagem de inverno se constituiu de um consórcio de aveia branca, azevém e trevo branco (*Trifolium repens* L.) nos tratamentos em que este deveria estar presente. Foi utilizada mistura de aveia com o objetivo de aumentar o período de pastejo, por se tratar de cultivares de ciclo precoce, médio e tardio.

3.5.2 Adubação de base

A adubação foi realizada no momento da semeadura das gramíneas (pastagem de inverno), no sistema de semeadura. A quantidade utilizada foi de 250 kg.ha⁻¹ do formulado 0-25-25 + 1% Zn.

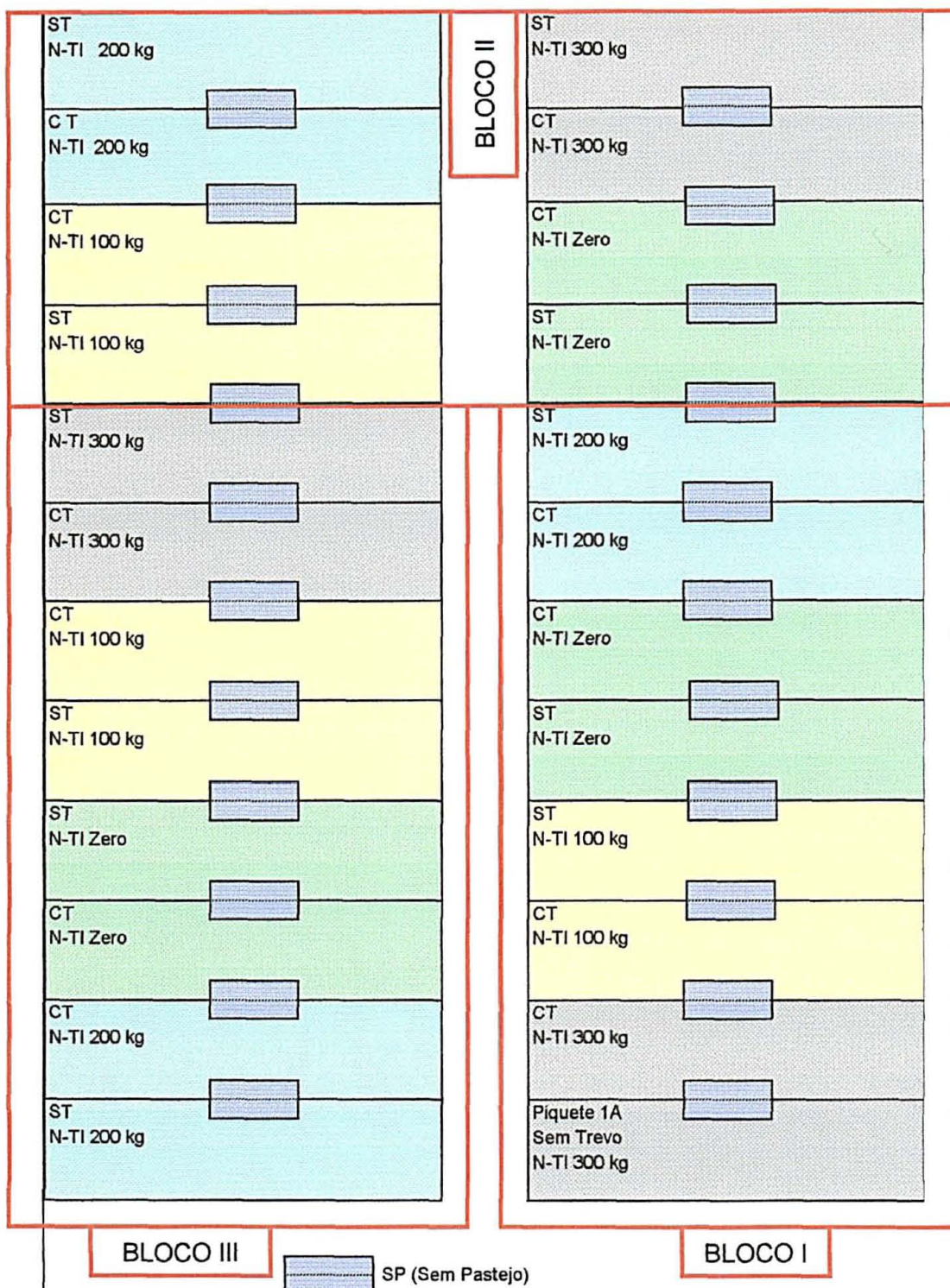


FIGURA 2 Croqui da área experimental (ST = Sem Trevo; CT = Com Trevo; N-TI = doses de N), Guarapuava, PR, 1999

3.6 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.

3.6.1 Animais experimentais

Os animais experimentais utilizados foram novilhas da raça Charolês e/ou mestiças, com idade entre 9 e 10 meses. Os animais foram submetidos a uma adaptação e habituação à pastagem, por sete dias, antes da entrada no experimento.

3.6.2 Pesagem dos animais, controle de parasitas, mineralização e fornecimento de água

Os animais entraram nos piquetes em 13/07/99, cem dias após a semeadura. Foram distribuídos nos tratamentos com a tentativa de manter grupos equilibrados por peso e por piquetes. Todos os animais foram pesados no começo e final de cada período experimental que foram três: o primeiro de 28 dias, o segundo de 29 dias e o terceiro de 36 dias, fazendo-se um jejum prévio de 12 horas, em todas as pesagens realizadas.

Os animais foram vacinados contra febre aftosa e carbúnculo, tratados com vermífugo de amplo espectro e tiveram controle permanente de ectoparasitas de acordo com a necessidade. Também receberam sal mineral à vontade durante todo o período experimental. A água foi fornecida através de um tanque central e distribuída para os bebedouros em cada unidade experimental.

3.6.3 Método de pastejo

O método de pastejo empregado no experimento foi o contínua e carga animal variáveis, com oferta de forragem mantida a uma altura de pastejo de 14 cm conforme (Lustosa, 1998) com a técnica do controle da altura da vegetação usando lotações variáveis *put and take* descritas por Mott e Lucas (1952). Foram empregados dois animais *testers* por piquetes e um número variável de animais “reguladores”, que era ajustado para manter o resíduo da pastagem com uma altura próxima a 14 cm, o monitoramento da altura de pastejo foi feito com o uso do disco medidor.

3.6.4 Ajuste da carga animal

A carga animal por piquete foi ajustada para manter uma altura da pastagem em 14 cm, utilizando-se o disco duas vezes a cada semana, com aproximadamente 100 amostragens por piquete.

3.7 AVALIAÇÃO DO EXPERIMENTO

3.7.1 Massa seca residual e composição botânica das pastagens

Foram feitas quatro estimativas (13/07/99, 31/08/99, 11/10/99 e 28/10/99) da quantidade de massa seca, percentual de contribuição de cada espécie e porcentagem de solo descoberto utilizando-se o método do BOTANAL (Tothill *et al.*, 1978).

Para utilização do BOTANAL, em cada parcela, foram feitos 3 transectos, com 5 pontos amostrais em cada um. E para a calibração do método, foi colhido o material cortado rente ao solo em 15 pontos com 0,125 m², escolhidos aleatoriamente dentro da área experimental, sendo seco em estufa (ar forçado 60° C por 72 horas até atingir o peso constante) e determinado o peso seco.

Para cada ponto o observador dava uma nota variando de um a cinco, sendo estas notas correlacionadas posteriormente com a quantidade de massa seca colhida, para a estimativa da equação de regressão.

3.7.2 Acúmulo diário e produção de massa seca

A estimativa do acúmulo de massa seca (MS) nas diferentes unidades experimentais da pastagem foi avaliada a cada período distinto, com o uso de duas gaiolas de exclusão por piquete, segundo a técnica das gaiolas com triplo emparelhamento (Moraes *et al.*, 1990).

As gaiolas utilizadas foram construídas em ferro de ½ polegada de diâmetro e com tela de arame de malha 5cm, medindo 1m² de base por 1,30m de altura.

As gaiolas de exclusão foram distribuídas em pontos dos piquetes, representativos da média do crescimento da pastagem. Na escolha das áreas foram levados em consideração a topografia, composição botânica e resíduo da massa seca da pastagem. Cada gaiola de exclusão abrangia uma área de 0,25m². Após cortadas, as amostras de

forragem de cada gaiola e fora da gaiola foram secas e pesadas.

A produção de MS.ha⁻¹ durante cada período experimental foi calculada utilizando a fórmula abaixo (acúmulo diário x número de dias do período).

$$\text{MS total no período} = \sum_{j=1}^{j-1} [G_j - F(j-1)]$$

onde:

GJ - Matéria seca.ha⁻¹ dentro das gaiolas na amostragem j;

F(j - 1) - Matéria seca.ha⁻¹ fora das gaiolas na amostragem j - 1.

A equação de Campbell (1966), permite o cálculo da taxa de acúmulo de MS expressa em Kg de MS.ha⁻¹.dia⁻¹.

$$T_j = \frac{G_i - F(i-1)}{n}$$

onde:

Tj - Acúmulo diário no período j;

Gi - Matéria seca / ha dentro das gaiolas no instante i;

F(i - 1) - Matéria seca / ha fora das gaiolas no instante i - 1;

n - Número de dias do período j.

Os dados total de MS foram expressos em quilograma e, conseqüentemente, o acúmulo diário em kg.ha⁻¹.dia⁻¹ de MS.

A produção total de MS foi calculada pelo somatório das produções dos períodos (acúmulo diária x número de dias do período) mais o resíduo no início do pastejo.

3.7.3 Ganho de peso médio diário, carga animal e ganho de peso vivo por hectare

O ganho médio diário dos animais (GMD) "testers" foi obtido pelas diferenças entre pesagens realizadas no início e final de cada período experimental e dividido este valor pelo número de dias em que os animais permanecem na pastagem.

A carga animal (CA) por período, expressa em quilograma de peso vivo.ha⁻¹.dia⁻¹, foi calculada pela adição do peso médio dos animais *testers* (At) com o peso médio de cada animal regulador (Ar) multiplicado pelo número de dias que este permaneceu na pastagem (D) dividido pelo número de dias do período (NDP), conforme a fórmula:

$$CA = At + \frac{(Ar1 * D1)}{NDP} + \frac{(Ar2 * D2)}{NDP} + \frac{(Arn * Dn)}{NDP}$$

O ganho médio diário e a carga animal média de todo o período experimental foram obtidos pela média ponderada dos pesos dos períodos, levando-se em consideração o número de dias.

Determinou-se o ganho de peso vivo por hectare (GPV) multiplicado-se o ganho médio diário dos animais (GMD) "testers" pelo número de animais (dia.ha⁻¹), sendo este por sua vez calculado pela contagem do número de animais que permaneciam no piquete em cada dia multiplicado pelo número de dias de avaliação de cada período.

A eficiência de transformação da forragem em ganho de peso foi obtida subtraindo da produção total de massa seca (MS) por hectare do resíduo e dividindo pelo ganho de peso vivo.ha⁻¹.

3.7.4 Determinação da relação quilograma MS.kg⁻¹ de N, quilograma PV.kg⁻¹ de N e recuperação do nitrogênio

A eficiência da adubação na produção de MS, expressa em quilograma de MS.kg⁻¹ de N aplicado, foi calculada admitindo-se que a contribuição do N do solo foi semelhante nos tratamentos que as plantas receberam adubação nitrogenada e nos tratamentos que não receberam aplicação de nitrogênio. Por isto, no cálculo da eficiência dos tratamento que receberam N, foi subtraída a produção dos tratamentos que não receberão o N. O resultado da subtração foi dividido pela quantidade de N aplicado.

A eficiência da adubação nitrogenada no ganho de peso foi obtida pela diferença do ganho de peso por hectare do tratamento com N pelo ganho de peso vivo (GPV) do tratamento sem N. O resultado da subtração foi dividido pelo nitrogênio aplicado, sendo os valores expressos e quilograma de ganho de peso por quilograma de N aplicado.

3.8 COLETA DE SOLO E ANÁLISES QUÍMICAS

O solo foi coletado antes da entrada dos animais e após a retirada dos mesmos, de forma estratificada (0 a 5,0cm; 5,0 a 10,0cm e 10,0 a 20,0cm) com pá de corte, sendo que cada resultado é formado pela média de três amostras compostas que foi formada por 6 amostras simples, os dados de análise química do solo, antes da entrada dos animais, estão na Tabela 3.

O pH do solo foi determinado em solução de CaCl_2 0,01 M, na relação 1:2,5. A acidez potencial (H+Al) foi determinada pelo pH SMP. Já o cálcio, magnésio e alumínio forma extraídos com solução de KCl 1 N, sendo o cálcio e o cálcio mais magnésio determinados por complexiometria utilizando-se titulação com EDTA 0,0125 M, tendo como indicadores Negro de Eriocromo e Calcon, respectivamente. O alumínio foi obtido por titulação com NaOH 0,025 N e tendo como indicador o Azul de Bromotimol 0,1 %.

A extração de fósforo e potássio foi feita pela solução de Mehlich 1 (HCl 0,05 N + H_2SO_4 0,025 N), na relação 1:10, sendo o potássio determinado no fotômetro de chama e o fósforo pelo método colorimétrico com emprego do molibdato de amônio.

O carbono orgânico foi determinado pelo método colorimétrico com oxidação pelo dicromato de sódio. Os teores de nitrato e amônio foram determinados pelo método espectrofotométrico, utilizando-se dois comprimentos de onda na região ultravioleta (Miyazawa *et al.*, 1985). A variável N-mineral foi obtida do somatório dos valores de N-NO_3^- e N-NH_4^+ .

TABELA 3 - Características químicas do solo antes de instalar o experimento Guarapuava, PR, 1999

Prof.	PH	MO	Al^{+3}	H+Al	Ca	Mg	K	P	V	N-min
cm	CaCl_2	g.dm^{-3} $\text{cmol}_c^{(+)}.\text{dm}^{-3}$					mg.dm^{-3}	%	mg.dm^{-3}
0,0-5,0	5,1	74,0	0,06	6,1	7,2	3,6	0,5	16,7	64,7	12,1
5,0-10,0	4,9	63,4	0,19	7,0	6,0	3,1	0,3	14,1	57,3	7,6
10,0-20,0	4,7	58,6	0,63	8,5	5,0	2,1	0,3	7,6	46,5	8,0

MO=Matéria orgânica V= Saturação de bases N-min= N mineral ($\text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_4$)

3.9 PREPARO DAS AMOSTRAS E ANÁLISES DA PASTAGEM

As amostras residuo para a determinação do valor nutritivo foram retiradas no início, meio e no final do período de pastejo; vinte sub-amostras, ao acaso, da altura pastejável, em cada piquete. Este material foi seco em estufa com circulação forçada de ar a 60° C, por um período de 72 horas e depois pesado em balança de precisão de 0.1 grama. Posteriormente, todas as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de crivo de um mm, identificadas e armazenadas em sacos plásticos para posteriores análises laboratoriais. Foram determinados os teores de nitrogênio total por

meio de digestão sulfúrica (método Kjeldahl, conforme descrito pela EMBRAPA (1999). As análises foram realizadas no Laboratório do IAPAR.

3.9.1 Índice nutricional nitrogenado da pastagem

O índice nutricional nitrogenado da pastagem foi obtido pelo método de Lemaire (1997).

3.9.2 Balanço do nitrogênio

O balanço do nitrogênio foi obtido pela metodologia descrita por Decau *et al.*, (1997), sendo modificado para o cálculo da senescência mineral. Considerou-se que a massa seca em média possui 11% de material senescente e sua concentração de N é de 25% da concentração de N da pastagem (Lemaire e Chapman, 1996).

O balanço do nitrogênio durante o período experimental foi calculado conforme as fórmulas abaixo:

$$N \text{ fixado} = MS * \%trevo * \%Ntrevo * \%fixação$$

$$N \text{ export. carne} = GPV * kg \text{ de } N.kg^{-1} \text{ de carne}$$

$$N \text{ Ingestão} = (MS \text{ ingerida} * \%concentração \text{ de } N/1000) * \text{dias de pastejo};$$

$$N \text{ fezes} = MS \text{ ingerida} * 0,0072 * \text{dias de pastejo};$$

$$N \text{ urina} = N \text{ ingerido} - N \text{ fezes} - N \text{ carne};$$

$$N \text{ absorção planta} = (t \text{ MS/ha} * N \text{ g.kg}^{-1} \text{ de MS}) - N \text{ fixado};$$

$$N \text{ fornecido solo} = \text{mineralização} + N \text{ adubo} + N \text{ chuva} + N \text{ senescente mineral}$$

$$N \text{ Senescência total} = (MS * N \text{ g.kg}^{-1}) - N \text{ ingerido};$$

$$N \text{ senescente mineral} = ((MS + \text{resíduo}) * 0,11) * (0,25 N \text{ concentração});$$

$$N \text{ Organização} = (N \text{ senes. total} - N \text{ senes. min.}) + 0,69 * N \text{ fezes} + 0,31 * N \text{ urina};$$

$$N \text{ volatilização} = (0,16 * N \text{ urina}) + (0,03 * N \text{ fezes});$$

$$N \text{ desnitrificação} = (0,02 * N \text{ urina}) + (0,02 * N \text{ fezes}) + (0,085 * N \text{ fornecido solo});$$

$$N \text{ lixiviação solo} = N \text{ absorvido solo} + (0,0085 * N \text{ fornecido solo});$$

$$N \text{ lixiviação total} = (0,22 * N \text{ urina}) + (0,17 * N \text{ fezes}) + N \text{ lixiviação solo}.$$

Os dados foram expressos em $kg.ha^{-1}$ de nitrogênio e o saldo do nitrogênio no solo é a diferença do somatório das entradas menos o somatório das saídas.

3.9.3 Máxima Eficiência Técnica (MET)

A Máxima Eficiência Técnica foi obtida a partir do ponto de máxima de uma equação de segundo grau que é calculado igualando-se a zero a derivada de primeira da equação e encontrando-se posteriormente o valor de x , conforme a equação apresentada a seguir (Chaston, 1971).

$$Y = a + bx - cx^2$$

$$\frac{dY}{dX} = b - 2cx \rightarrow x = \frac{b}{2c}$$

3.9.4 Análise estatística

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância. A homogeneidade de variância foi avaliada pelo Teste de Bartlett. As variáveis cujas se mostraram homogêneas tiveram os tratamentos avaliados pelo Teste F. Foram testados os modelos linear e quadráticos e a escolha foi baseada na significância (menor que 8%) e no coeficiente de determinação.

Quando interação foi significativa, analisou-se o comportamento das doses crescentes de N dentro de cada situação (com trevo e sem trevo), individualmente, e, posteriormente, o comportamento dentro de cada dose de nitrogênio. Quando a interação não foi significativa, os fatores foram analisados separadamente, sendo assim, de acordo com a variável analisada e com a significância, ou não, de cada fator,

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPOSIÇÃO BOTÂNICA E PORCENTAGEM DE SOLO DESCOBERTO DA PASTAGEM

A contribuição média dos componentes da pastagem e a quantidade de massa seca independentemente dos tratamentos realizados são apresentadas na Figura 3. Os três primeiros períodos de avaliação mostram o comportamento das espécies até o final do período de pastejo e o último é referente ao período pós-pastejo, até a dessecação da pastagem. Observa-se na segunda avaliação (31/08/99) que houve uma redução acentuada na porcentagem de trevo, provocada por um período de estresse hídrico que iniciou-se na segunda quinzena de julho e prolongou-se até a primeira semana de setembro, período no qual choveu apenas 22,6 mm, conforme Figura 1. Na terceira avaliação (11/10) nota-se um incremento da quantidade de trevo existente resultante do retorno da chuva. A quantidade de massa seca residual manteve-se, em média, com 1.200 kg.ha⁻¹ durante o período de pastejo (13/07 a 11/10).

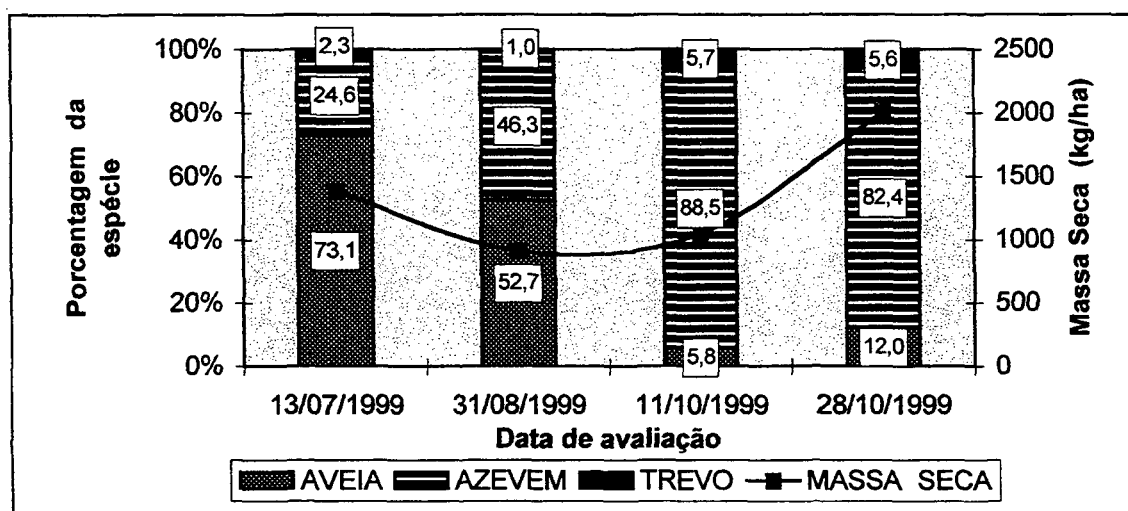


FIGURA 3 Composição botânica e produção de massa seca da pastagem em função da data de amostragem, Guarapuava, PR, 1999

Para análise da porcentagem de trevo na composição botânica considerou-se apenas as parcelas que continham a leguminosa, uma vez que no tratamento sem trevo a aplicação de herbicida eliminou completamente a leguminosa. Conforme se constata no Anexo 4, as doses de N aplicadas não influenciaram a porcentagem de trevo, ao contrário do que se esperava (Frame e Boyd, 1987; Soussana *et al.* 1995; Fisher e Wilman, 1995; e Schils, *et al.*, 1999). Provavelmente, isto se deva ao curto período transcorrido entre a aplicação de uréia e a última avaliação ou ao efeito da seca, que foi preponderante ao efeito das doses de N aplicadas. Moron e Risson (1994) não encontraram influência do N sobre o trevo com aplicação de até 50 kg.ha⁻¹ de N. Segundo Schils *et al.* (1999), o trevo cresce e domina a composição botânica quando existe pouco nitrogênio disponível no solo para as plantas.

A influência do déficit hídrico pode ser observada indiretamente por meio da avaliação dos blocos (Anexo 4). O Bloco I, mais úmido, apresentou em média 6,96% de trevo, enquanto que os Blocos II e III, localizados na parte mais elevada do terreno, apresentaram em média 3,02% e 4,62% de trevo branco na composição botânica, respectivamente.

Na primeira avaliação (13/07) não houve influência do nitrogênio sobre a porcentagem de aveia e azevém na composição botânica da pastagem (Anexo 1). Como podemos observar, nesta avaliação há uma dominância da aveia sobre o azevém, em virtude de ser uma espécie mais precoce e que evidencia sua maior contribuição na produção inicial de forragem (Figura 3).

O fator trevo branco (ausência ou presença) influenciou sobre a porcentagem de aveia conforme Anexo 1. Já as parcelas sem trevo apresentaram 75,7% de aveia na composição botânica, enquanto que as parcelas com trevo tinham 69,4% de aveia na sua composição. Constatou-se que as áreas que continham trevo apresentavam uma menor proporção de aveia, provavelmente causada pelo hábito prostrado e pela grande quantidade de estolões característicos da leguminosa, resultando desta forma em uma maior competição interespecífica.

No segundo período de avaliação (31/08), as doses de nitrogênio não influenciaram a porcentagem de aveia e do azevém na composição da pastagem (Anexo 2). Durante esta avaliação, aumentou a contribuição do azevém na composição botânica (Figura 3), o que pode ser resultante de modificações de fatores tais como competição por luz, pastejo seletivo e a fertilização do nitrogênio. Nesta avaliação o fator trevo influenciou significativamente (Anexo 2) a quantidade de massa seca produzida uma vez que o

tratamento com trevo apresentou um resíduo de massa seca, 30% superior ao tratamento sem trevo (793 kg.ha^{-1} de massa seca), isto se deve, provavelmente, à liberação de nitrogênio prontamente assimilável dos tecidos mortos do trevo. Esta reciclagem foi mais acentuada devido ao período de estiagem que provocou uma redução na quantidade de trevo existente na área.

No segundo período de avaliação, a variável solo descoberto foi influenciada (Anexo 2) apenas pelo trevo, sendo que as parcelas sem a leguminosa apresentaram em média 39,2% de solo descoberto, enquanto que, as áreas com trevo tinham 30,5%, ocorrendo 8,7% a mais de solo coberto, em função da presença da leguminosa. Embora a porcentagem do trevo seja pequena nesta época, pode contribuir para diminuir a erosão do solo na pastagem com alta carga animal.

No terceiro período de avaliação (11/10), as doses de nitrogênio influenciaram significativamente a porcentagem de aveia, azevém, solo descoberto e a quantidade de resíduo de massa seca (MS) da pastagem, conforme mostra Figura 4. Observa-se que com a aplicação de nitrogênio a participação do azevém variou de 80.5% para 92.5% quando as doses de N variaram de 0 a 300 kg.ha^{-1} de N e a participação da aveia foi reduzida de 11% para 2.8% conforme a mesma variação de N. Isto pode estar relacionado a um aumento da emissão dos afilhos do azevém, como foi relatado por Whitehead (1995). A máxima eficiência técnica obtida de produção de MS foi com 215 kg.ha^{-1} de N que proporcionou um resíduo de 1.328 kg.ha^{-1} de massa seca. O que está parcialmente de acordo com Assmann (2001) que constatou no quarto período de avaliação, compreendido pelo período de descanso da pastagem (18 dias), que a máxima eficiência técnica de recuperação da pastagem foi obtida com 231 kg.ha^{-1} de N e correspondeu a um resíduo de 2365 kg.ha^{-1} de massa seca.

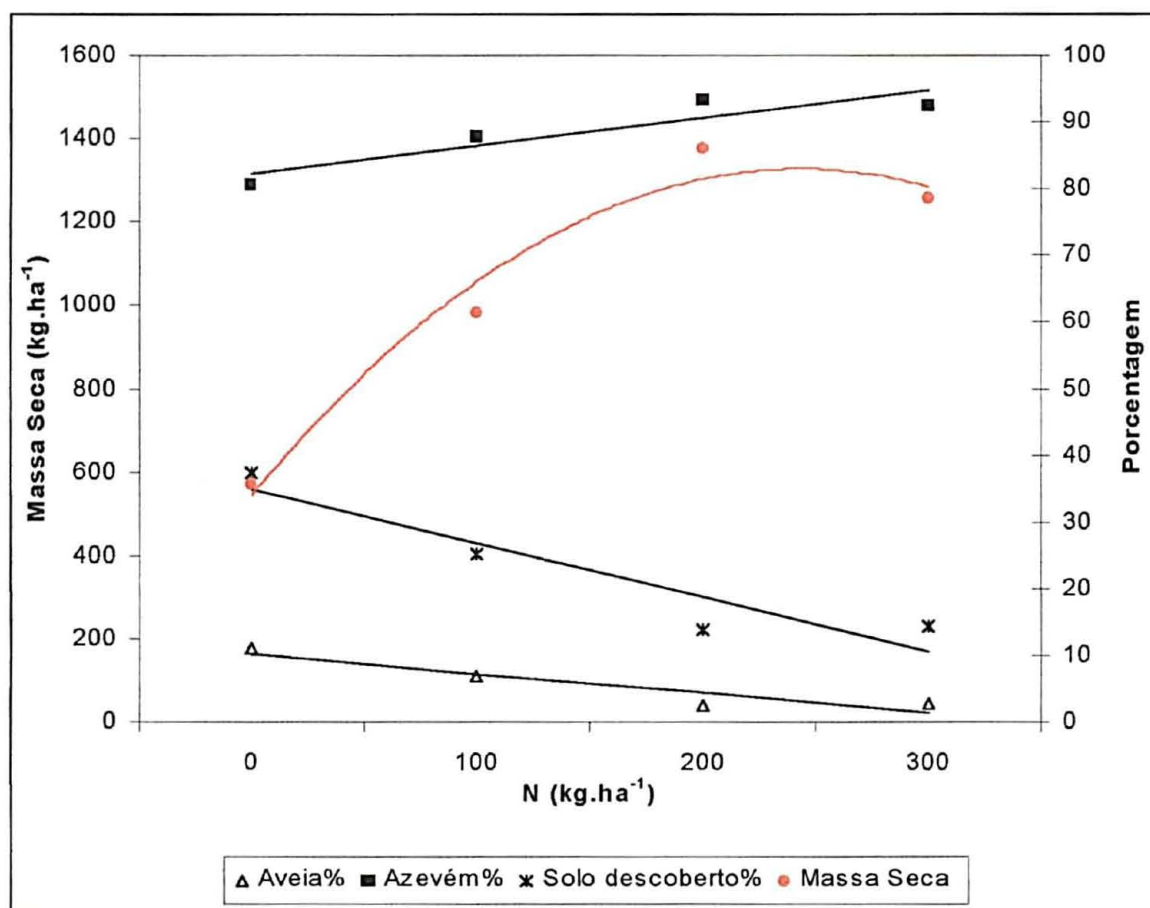


FIGURA 4 Porcentagem de aveia, azevém e de solo descoberto e quantidade de resíduo de massa seca no terceiro período de avaliação da pastagem em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999

TABELA 4 Equações, níveis de probabilidade (P), e coeficiente de determinação das porcentagens de aveia, azevém e solo descoberto e da quantidade de resíduo de massa seca, no terceiro período de avaliação da pastagem em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999

Variável	Equação	P	R ²	n
Aveia (%)	$Y = 10.12 - 0.029X$	0.0049	0.87	4
Azevém (%)	$Y = 82.32 + 0.041X$	0.0121	0.83	4
Solo descoberto (%)	$Y = 34.9 - 0.081 X$	0.0002	0.88	4
Resíduo MS (kg.ha ⁻¹)	$Y = 545,2 + 6.45X - 0.013X^2$	0.0469	0.97	4

As doses de N provocaram redução linear da porcentagem de solo descoberto, no terceiro período, mostrando que nas parcelas em que o N não foi aplicado o solo

apresentava vários espaços vazios. A aplicação de nitrogênio, além de ter influenciado o crescimento das gramíneas, igualmente incentivou o desenvolvimento do trevo, que, embora seja uma leguminosa, provavelmente não apresentou índices elevados de fixação biológica de nitrogênio devido a debilidade da planta causada pela falta de chuva.

Após 18 dias da retirada dos animais do experimento Assmann (2001) observou que tanto o aumento das doses de N, quanto a presença de trevo tiveram um efeito positivo, fazendo com que a porcentagem de solo descoberto diminuísse. Nas áreas com trevo, a aplicação de 100 kg.ha⁻¹ de N foi suficiente para abaixar 22,3 pontos percentuais da proporção de solo descoberto, enquanto que, nas áreas sem trevo, ocorreu uma diminuição de 12 pontos percentuais.

O trevo, individualmente, influenciou (Anexo 3) positivamente na porcentagem de azevém na composição botânica da pastagem no terceiro período de avaliação. As parcelas sem e com trevo apresentaram 94,2% e 82,9% de azevém, respectivamente. A presença do trevo competindo com o azevém, provavelmente, pode estar associada à disponibilidade de N no solo para as plantas que ocorrem, principalmente, em função do estímulo e maior taxa de crescimento da leguminosa, em detrimento da gramínea, causando um sombreamento excessivo sobre a gramínea.

4.2 ACÚMULO E PRODUÇÃO DE MASSA SECA

4.2.1 Acúmulo e desaparecimento diário de massa seca

A aplicação de doses de nitrogênio influencia sobre o acúmulo diário e o desaparecimento de massa seca (Anexo 8).

A relação entre o acúmulo médio de massa seca da pastagem e os níveis de nitrogênio está apresentada na Figura 5, sendo melhor expressa pela regressão linear ($P < 0,0031$), demonstrando o alto potencial de resposta das espécies utilizadas à adubação nitrogenada. O uso de 100, 200 e 300 kg.ha⁻¹ de N propiciou um aumento médio de 13%; 37% e 76% no acúmulo de massa seca (MS) da pastagem, respectivamente. O acúmulo diário mínimo e máximo durante todo o período de pastejo foi de 32,8 e 57,6 kg.ha⁻¹ de MS para 0 e 300 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente. Estes resultados são inferiores aos obtidos por Lesama (1997); Restle *et al.* (1998); Lupatini (1998), e semelhantes obtidos por Restle *et al.* (1999) e superiores aos de Moraes (1991), com a aplicação de 300 kg.ha⁻¹ de N. O fornecimento de N influenciou a produção de forragem, principalmente, através de seus

efeitos no tamanho da folha que ocorrem tanto com plantas individuais, como na comunidade. (Wilkins *et al.*, 2000).

Considerando que o potencial das gramíneas para produção de massa seca é consequência, em primeiro lugar, do índice de área foliar (Wilkinns *et al.*, 2000) e admitindo que as gramíneas têm longo período de crescimento, suas respostas às adubações nitrogenadas são maiores do que qualquer outra cultura, por ter a capacidade de rebrotar após o corte ou pastejo.

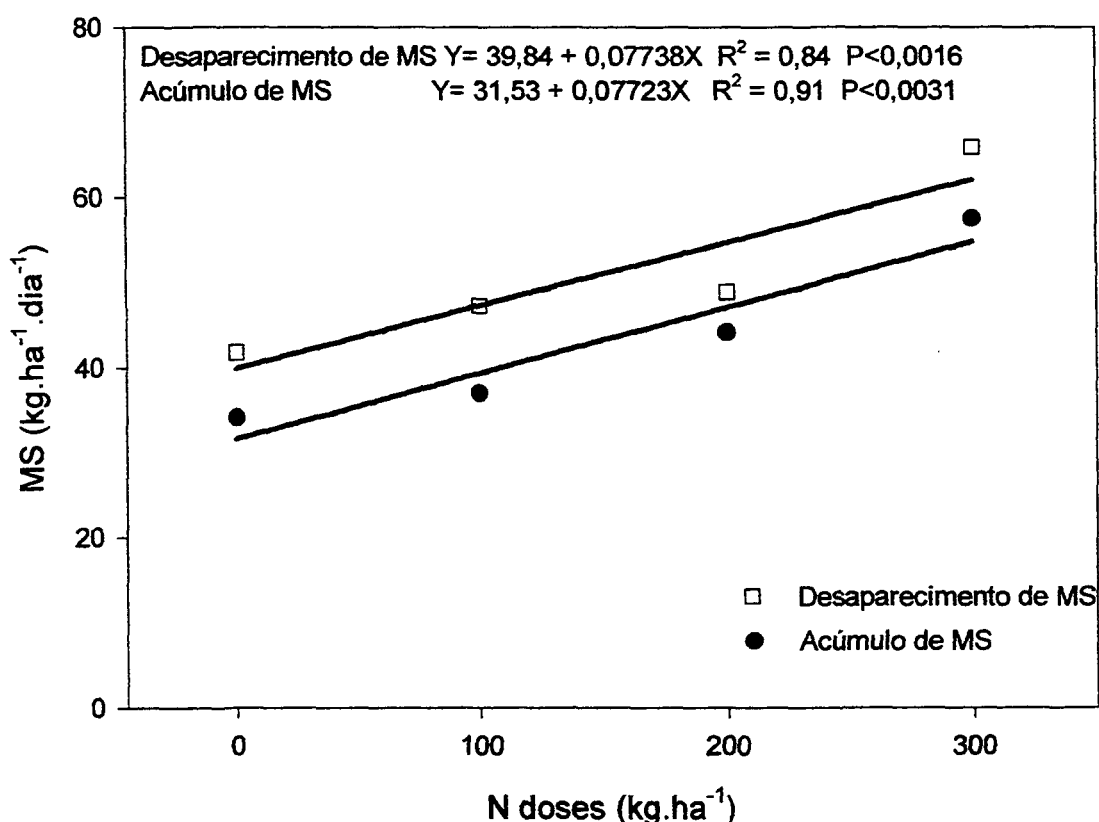


FIGURA 5 Acúmulo e desaparecimento diário de massa seca (MS) médio de todo o período de pastejo em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999

Durante todo o experimento o acúmulo de massa seca variou devido às condições climáticas, sendo as médias dos períodos em função das doses de N aplicadas, apresentadas na Figura 6.

Analisando os períodos individuais, verificou que o acúmulo foi maior no primeiro período (13/07 a 10/08). A não influência das doses de N (Anexo 5) neste período pode

estar relacionada com o nitrogênio residual deixado pela cultura da soja. No segundo período (10/08 à 08/09) não houve influência das doses de N (Anexo 6), o que pode estar relacionado à deficiência hídrica (Figura 1), reduzindo drasticamente o acúmulo de massa seca.

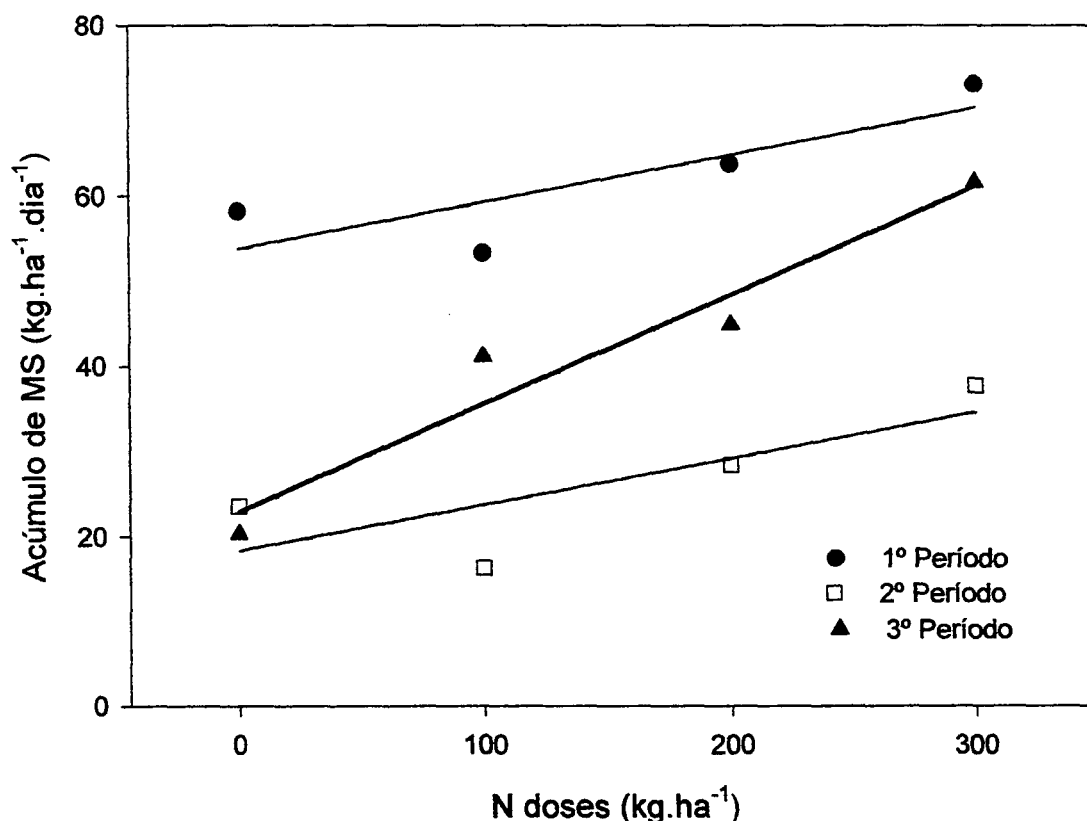


FIGURA 6 Acúmulo diário de massa seca (MS) em função das doses de N e dos períodos de avaliação, Guarapuava, PR, 1999

TABELA 5 Equações, níveis de probabilidade (P) e coeficiente de determinação do acúmulo de MS no primeiro, segundo e terceiro período de avaliação da pastagem em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999

Variável	Equação	P	R ²	n
1º Período (13/7-10/8)	$Y = 53,81 + 0,0551X$	0,0959	0.77	4
2º Período (10/8-8/9)	$Y = 18,36 + 0,0543X$	0,5644	0.21	4
3º Período (8/9-11/10)	$Y = 22,88 + 0,1274X$	0,0030	0.88	4

No terceiro período (08/09 à 11/10), ocorreu influência significativa das doses de N, conforme Figura 6. Com a volta das chuvas, o desenvolvimento da pastagem voltou

apresentar crescimento superior ao segundo período, mas inferior em relação ao primeiro período, apesar de a segunda aplicação de N ter sido realizada no dia 08/09. Isto ocorreu possivelmente, porque que no final do inverno e início da primavera as pastagem de estação fria começam perder seu potencial de crescimento. O menor acúmulo de MS deve-se ao longo período de utilização da pastagem, ocorrendo maior gasto de energia para a manutenção do seu metabolismo (Lemaire, 1997).

O acúmulo de MS no final do ciclo de pastejo incrementou em 35%, 77%, 70% e 84% em relação ao primeiro período de pastejo, para 0, 100, 200, e 300 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente. Isto, indica que a adubação nitrogenada mostrou-se eficiente para manter o potencial produtivo da pastagem próximo aos índices de acúmulo de massa seca obtidos no primeiro período, enquanto que a não adição do nutriente provocou decréscimos acentuados na taxa de acúmulo. Estes resultados foram confirmados por Assmann (2001) que observou a influência do nitrogênio aplicado na pastagem sobre a quantidade de massa seca acumulada após a retirada dos animais. Constatou-se que mesmo após 54 dias da aplicação da última parcela de N, este continuou a influenciar a quantidade de massa seca acumulada. As pastagem que receberam N produziram, em média, 86% mais massa seca do que aquelas que não receberam adubação nitrogenada.

Embora os dados apresentados indiquem a manutenção de parte do N aplicado no sistema por um longo prazo, Long e Gracy (1990) e Schjoerring (1997) apontam que o risco de perdas gasosas é particularmente alto e que em experimentos a campo foram registrados perdas de N variando de 40% à 50%, sendo que os maiores índices ocorrem com aplicação de doses elevadas de uréia e em condições adversas de precipitação.

Parte da manutenção do fertilizante em pastagens pode ser explicada, segundo Komdörfer *et al.* (1997), pela existência de um sistema radicular mais desenvolvido no momento da aplicação do adubo, o que proporcionaria maior absorção de N pelas plantas. A existência de maiores conteúdos de matéria orgânica contribuiriam para imobilização temporal do nutriente, que, posteriormente, ficaria disponível para as próximas culturas e tais fatores reduziram o índice de perda de N. Provavelmente o N foi incorporado à biomassa microbiana na *fração de ciclagem lenta de N* e depois foi reciclado pelas plantas (Floate, 1981).

A relação entre o desaparecimento da massa seca da pastagem e os níveis de nitrogênio é apresentada na Figura 7, sendo melhor expressada pela regressão linear ($P < 0,001$) para o terceiro período de avaliação (08/09 à 11/10), e não sendo significativas para os demais períodos de avaliações (13/07 a 10/08 e 10/08 a 08/09). O

desaparecimento da massa seca (MS) inclui além da MS consumida pelos animais toda a massa seca consumida por outros seres vivos presentes no meio, componentes do ecossistema.

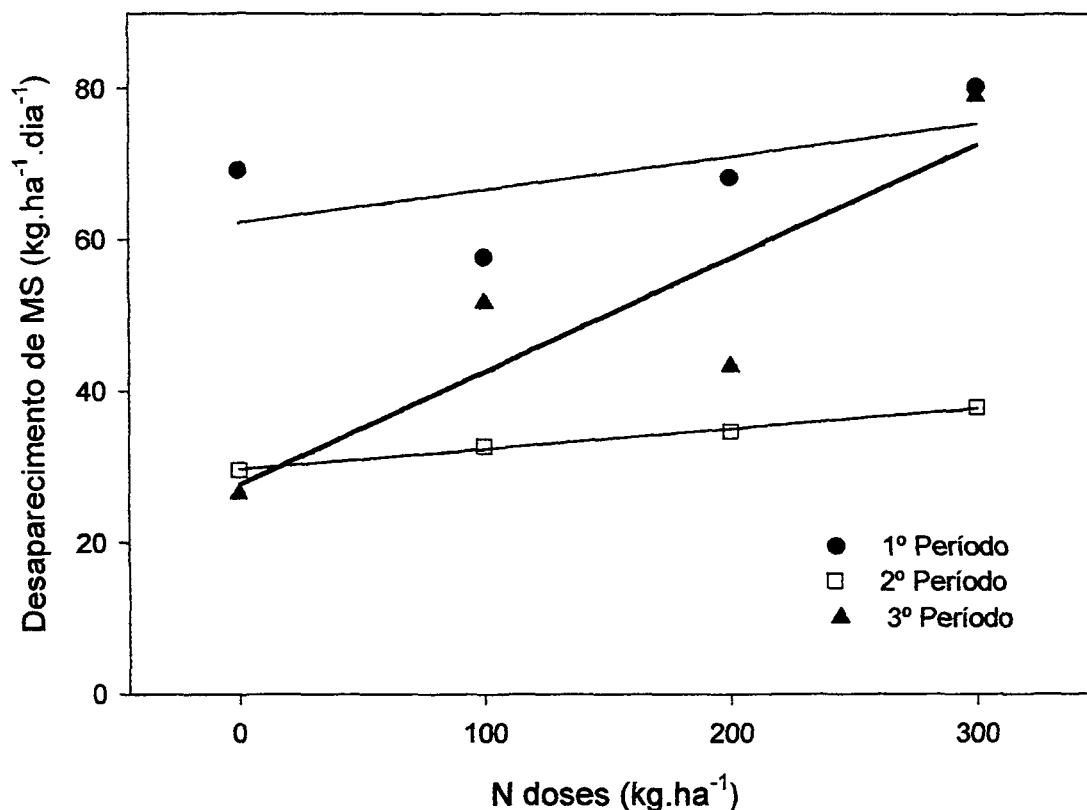


FIGURA 7 Desaparecimento diário de massa seca (MS) em função das doses de N e dos períodos de avaliação, Guarapuava, PR, 1999

TABELA 6 Equações, níveis de probabilidade (P) e coeficiente de determinação do desaparecimento de MS no primeiro, segundo e terceiro período de avaliação da pastagem em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999

Variável	Equação	P	R ²	n
1º Período (13/7-10/8)	$Y = 62,30 + 0,0440X$	0,1159	0.69	4
2º Período (10/8-8/9)	$Y = 29,78 + 0,0268X$	0,5351	0.99	4
3º Período (8/9-11/10)	$Y = 27,72 + 0,1498X$	0,0010	0.77	4

4.2.2 Produção de Massa Seca

As produções de massa seca (MS) da pastagem apresentam-se de forma

semelhante ao acúmulo de massa seca, uma vez que as primeiras são obtidas pelo somatório do acúmulo de massa seca mais a massa seca do período inicial. Houve influência significativa das doses de N aplicadas sobre a produção de massa seca durante o período de pastejo, conforme Figura 8. As produções de MS observadas foram de 4.296; 4.706; 5.376 e 6.505 kg.ha⁻¹ para 0; 100; 200 e 300 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente. A produção de massa seca (MS) aumentou em torno de 34% do tratamento sem adubação nitrogenada para 300 kg.ha⁻¹ de N, durante o período de pastejo.

Os dados encontrados são semelhantes aos relatados por Lupatini *et al.* (1998), Wilkins *et al.* (2000) e Restle *et al.* (2000) na dose zero de N, enquanto à aplicação de fertilizantes nitrogenados para a produção de MS deste experimento foi inferior aqueles obtidos por Quadros (1984), Lesama (1997) e Roso *et al.* (2000). As produções máximas encontradas por outros pesquisadores (Ball e Crush, 1985; Shiel *et al.*, 1999) que utilizaram as mesmas misturas sob pastejo ficaram próximas a 10.000 kg.ha⁻¹ de massa seca.

A resposta de produção de MS por unidades de N aplicado foi de 4,1; 5,4 e 7,4 quilograma de MS por quilograma de N aplicado, sendo inferior a resposta encontrada nos trabalhos de Frame e Boyd (1994), Whitehead (1995) e Lupatini (1998). Para obtenção desta resposta e altas produções de forragem é importante considerar que as condições climáticas foram desfavoráveis no que se refere à umidade do solo, sendo este o principal problema do baixo aproveitamento do nitrogênio, enquanto as outras condições de clima foram favoráveis, como temperatura e insolação. Este aumento da eficiência do uso de N poderia estar indicando uma ação mais efetiva dos processos de perda e/ou imobilização de N.

O aumento da eficiência do uso de N acompanhando o aumento das doses aplicadas são contrários aos observados por Haynes e Willians (1993), Armstrong *et al.* (1998). O nitrogênio não recuperado pelas plantas pode ser retido no sistema, sendo imobilizado pelos resíduos orgânicos e microorganismos, apresentando valor residual ou perdido por lixiviação, volatilização e erosão na superfície do solo (Dougherty e Rhykerd, 1985).

As baixas eficiência de utilização do nitrogênio obtidas no presente trabalho, inclusive nos níveis menores, podem ser explicadas pelo atraso na época ideal de aplicação da adubação nitrogenada ocasionado pelo déficit hídrico. Contudo durante o período de condução deste experimento as condições climáticas acarretaram as poucas perdas, principalmente por lixiviação e volatilização da amônia, porque as chuvas foram de

intensidade moderada e as temperaturas foram amenas, o que provavelmente reduziu as perdas provocadas por estes processos. Este nitrogênio aplicado permaneceu nos resíduos vegetais, solo e microorganismo, isto foi comprovado pelo estudo de Assmann (2001) que observou que mesmo 83 dias após a aplicação das doses de N na pastagem, este continuava a influenciar os teores de N-mineral do solo.

Para gramíneas de estação fria e numa faixa de matéria orgânica semelhante à encontrada no solo do presente experimento, a recomendação de adubação da Comissão de Fertilidade do Solo, (1989) do Rio Grande do Sul é de 100 a 130 kg.ha⁻¹ de N. Analisando os dados deste trabalho, verificou-se que a produção de massa seca aumentou até a dose de 300 kg.ha⁻¹ de N, não atingindo o ponto de máxima eficiência técnica.

Isto indica que o sistema de produção como um todo deve ser considerado na recomendação de adubação e existe a necessidade de informações de pesquisa sobre adubação nitrogenada, sistema de produção de pastagens ou culturas e suas interações. Sugerem-se estudos com doses mais elevadas de N, de modo a permitir a obtenção de curvas com ponto de máxima e com animais em pastejo.

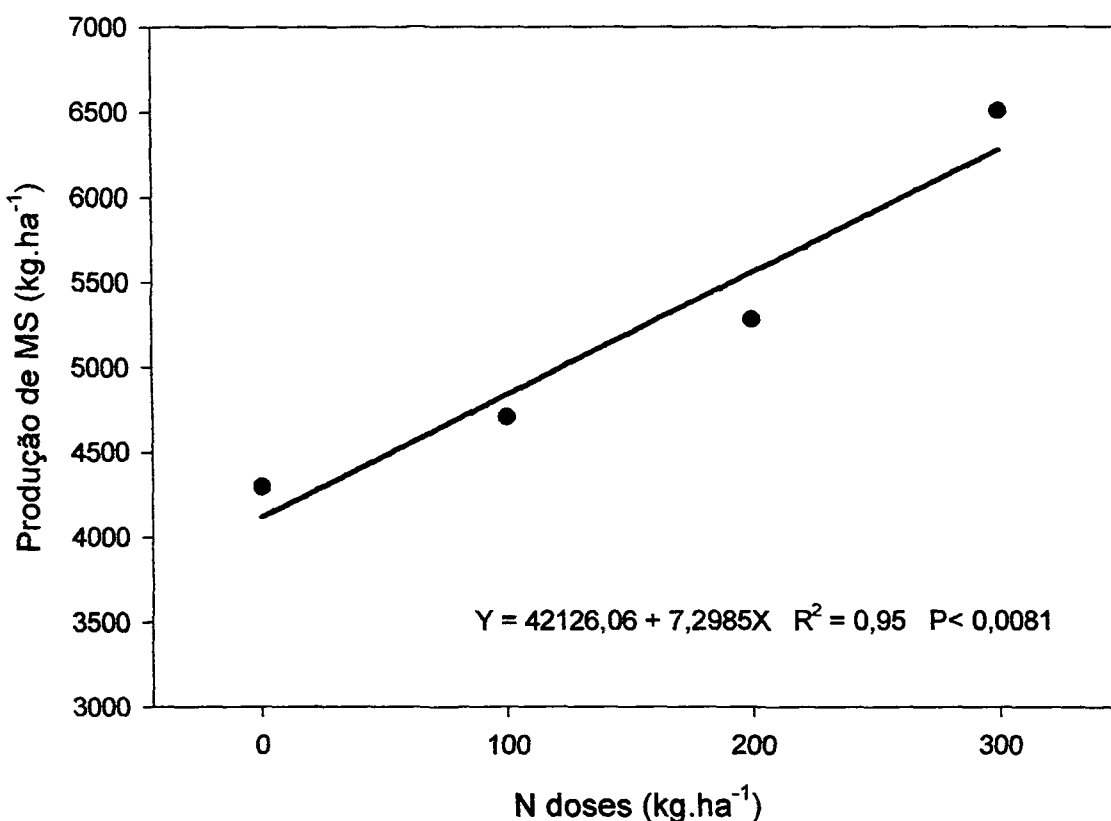


FIGURA 8 Produção de massa seca (MS) total durante o período de pastejo em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999

A quantidade de massa seca mantida como resíduo é considerada adequada para o manejo das pastagem de estação fria sob pastejo com lotação contínua e carga variável, com base nas informações do trabalho de pesquisa de Lustosa (1998). O resíduo na pastagem condiciona o índice de área foliar (Lemaire e Chapman, 1996), pelo qual o nitrogênio estimula a taxa de expansão das folhas, aumentando o tamanho destas e o índice de área foliar (IAF), promovendo maior interceptação da radiação solar (Dougherty e Rhykerd, 1985).

No primeiro período de avaliação de 13/07 a 10/08 foi obtida uma elevada produção de forragem que foram de 1628; 1493; 1784 e 2046 kg.ha⁻¹ de MS para as doses 0; 100; 200 e 300 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente. Neste período as condições climáticas (temperaturas, luminosidade e umidade) foram favoráveis ao bom desenvolvimento da pastagem (Figura 9), enquanto que no segundo período de avaliações de 10/08 a 08/09 com as condições climáticas não favoráveis, ocorrendo déficit hídrico, observou-se redução drástica da produção de forragem de 700; 472; 824 e 1093 kg.ha⁻¹ de MS para as doses 0; 100; 200 e 300 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente.

No terceiro período de avaliação de 08/09 a 11/10 observou-se apenas influência significativa das doses de N aplicadas sobre a produção de massa seca, conforme Figura 9. As produções de MS observadas foram de 851; 1359; 1481 e 2033 kg.ha⁻¹ para 0; 100; 200 e 300 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente. A produção de massa seca (MS) aumentou, em torno de 58% do tratamento sem adubação nitrogenada para o de 300 kg.ha⁻¹ de N.

Não se constatou influência do trevo (Anexo 8) sobre a produção de massa seca. Isto deve-se pela baixa participação do trevo na composição botânica da pastagem, que foi prejudicado pela estiagem. Também, provavelmente, não interferindo diretamente na produção de massa seca pela sua pequena contribuição do trevo como aporte de N fixado no sistema prontamente assimilável pelas plantas. Segundo Hoglund e Brock (1987), a quantidade de N₂ fixado no consórcio gramínea-trevo, freqüentemente, reflete o vigor do crescimento do trevo e devido a isto é limitada por fatores tais como: temperatura, água ou suprimento de nutrientes e pela competição com as gramíneas.

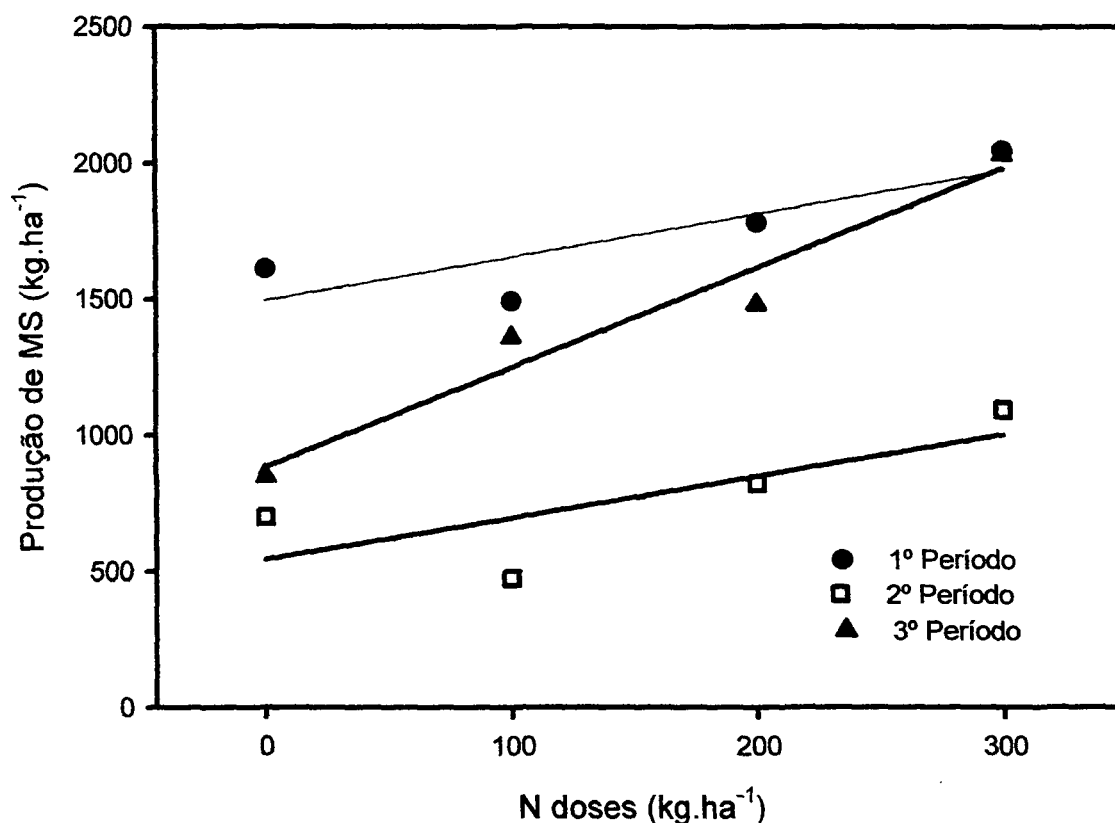


FIGURA 9 Produção de massa seca (MS) em função das doses de N aplicadas e do período avaliado, Guarapuava, PR, 1999

TABELA 7 Equações, níveis de probabilidade (P) e coeficiente de determinação da produção de MS no primeiro, segundo e terceiro período de avaliação da pastagem em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999

Variável	Equação	P	R ²	n
1º Período (13/7 -10/8)	$Y = 1494,5 + 1,5944X$	0,1038	0,73	4
2º Período (10/8 - 8/9)	$Y = 542,6 + 1,5324X$	0,1504	0,58	4
3º Período (8/9 -11/10)	$Y = 881,2 + 3,6656X$	0,0050	0,95	4

4.3 DESEMPENHO ANIMAL

Para todas as variáveis estudadas no que diz respeito ao desempenho animal, não houve influência significativa do trevo (Anexo 12).

4.3.1 Ganho médio diário

Conforme Anexo 12, não houve influência significativa das doses de N sobre o ganho médio diário (GMD) em qualquer um dos períodos avaliados. As médias observadas nas diferentes doses de N por período encontram-se na Tabela 8.

O ganho médio diário por animal reflete a qualidade da dieta oferecida pelas pastagens e pela produção das forragens por hectare durante o período de pastejo. A não influência do N era esperada, uma vez que foi procurado manter a mesma oferta de forragem (14 cm de altura) para os animais em todos os tratamentos. Admitindo que os animais representam um potencial genético semelhante e que a oferta de forragem foi mantida equivalente entre os tratamentos.

TABELA 8 Ganho médio diário $\text{kg} \cdot \text{dia}^{-1}$ nas três avaliações efetuadas em função de doses de N, Guarapuava, PR, 1999

N	1º Período (13/07-10/08)	2º Período (10/08-08/09)	3º Período (08/09-14/10)	Média
$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	GMD ($\text{kg} \cdot \text{animal}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$)			
0	1,24	0,92	0,87	1,01
100	1,19	0,90	0,77	0,95
200	1,13	0,83	0,84	0,93
300	1,15	1,09	0,91	1,05
Média	1,18	0,94	0,85	0,99

Os dados da Tabela 8 demonstram o potencial do ganho médio diário em pastagens consorciadas de estação fria, tendo ocorrido um ganho médio de $0,99 \text{ kg} \cdot \text{animal}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$. Estes ganhos obtidos podem ser considerados bons, levando-se em conta que se tratava de animais novilhas, tais ganhos se devem ao consumo e a eficiência de conversão do alimento consumido em produto animal (Gomide, 1994). Esta otimização obtida no experimento se equívale aos ganhos de animais em confinamento na região demonstrando que a alta qualidade da forragem aproxima o animal de seu potencial de ganho médio diário.

Ganhos semelhantes foram encontrados por Quadros e Maraschim (1987), Lesama (1997), Johnson e Morrison (1997) e Laws *et al.* (2000) com ganho médio de 0,87; 0,955;

0,92 e 0,92 kg.animal⁻¹.dia⁻¹, respectivamente. Ganhos inferiores foram registrados por Jones *et al.* (1991); Tyson *et al.* (1992) e Restle *et al.* (2000), que obtiveram em média ganhos de 0,45; 0,80; e 0,68 kg.animal⁻¹.dia⁻¹, respectivamente. Ganhos superiores foram obtidos por Lustosa (1998), que encontrou ganho médio diário de 1,18 kg.animal⁻¹.dia, inclusive com o mesmo tipo de pastagem e oferta de forragem, porém utilizando novilhos.

Nas pastagens temperadas manejadas sob mesma pressão de pastejo e com potencial genético semelhantes dos animais, estes dois aspectos apresentam alta correlação com o ganho de peso por animal (Euclides, 1994).

O ganho médio diário neste trabalho reflete a dieta oferecida pela pastagem em condições similares para todos os tratamentos e, também, o ganho diário por animal reflete a qualidade da dieta oferecida pela pastagem, sendo influenciado, principalmente, pela quantidade MS consumida, composição química e digestibilidade da forragem (Maraschin, 1986; Blaser, 1990). O consumo de massa seca (MS) e a digestibilidade da forragem são, geralmente, correlacionados positivamente (Mott e Moore, 1985) e estes apresentam alta correlação com o ganho de peso por animal (Euclides, 1994). O consumo diário de massa seca nos bovinos é dependente, principalmente, do tamanho do animal, tipo de dieta, idade e condição corporal.

No segundo período o ganho médio diário (GMD) na média dos tratamentos foi de 0,94 quilograma, com uma diminuição de 20,5% no ganho médio diário em relação ao primeiro período. Esta redução pode estar associada ao déficit hídrico ocorrido neste período, prejudicando a quantidade e a qualidade da forragem verde disponível.

Na terceira avaliação, mesmo com a volta das chuvas, o ganho médio diário diminui em relação aos dois períodos anteriores de 28 e 10%, em relação ao primeiro e ao segundo período, respectivamente. Isto pode estar relacionado com o aumento de material morto devido ao final do ciclo das gramíneas anuais que provavelmente, teve efeito negativo na quantidade de forragem verde disponível e sua digestibilidade na qualidade da dieta ingerida pelos animais.

Para Hodgson (1986), não é possível em pastejo contínuo obter simultaneamente elevadas disponibilidades e digestibilidade da forragem. Segundo Maraschin (1986), para obter ganhos de peso acima de 0,75 quilograma por animal.dia⁻¹, é necessário pastejo seletivo, proporcionando forragem de alta qualidade constituída de alta percentagem de folhas, elevado teor de proteínas e elevada digestibilidade. Estas características associadas a densidade de forragem permitem alto consumo de MS, que apresenta alta correlação com o ganho de peso diário (Euclides, 1994).

No sistema de integração lavoura-pecuária o ganho médio diário dos animais tem grande importância, principalmente quando é utilizado para terminação dos animais destinados ao abate, para determinar o período necessário de pastejo dos animais.

4.3.2 Carga animal

O nitrogênio teve influência significativa sobre a carga animal (Anexo 12). As áreas com trevo, podem não ter apresentado maiores carga animal devido a falta de chuva no mês de agosto o que prejudicou o desenvolvimento da leguminosa.

A carga animal foi mais alta nos tratamentos que utilizaram doses de nitrogênio, principalmente na dose mais elevada de N, demonstrando a necessidade das gramíneas em utilizar eficientemente a quantidade crescente de nitrogênio. A carga animal aumentou de forma linear em função dos níveis das doses de N aplicadas, sendo esta relação expressa na Figura 10.

O acúmulo de MS (Figura 6) teve um comportamento semelhante à carga animal e ao ganho de peso vivo (Figura 11), em relação às doses de nitrogênio, justificando que, mantendo a oferta da forragem, o crescimento da pastagem determina a carga animal e, consequentemente, o ganho de peso vivo (GPV).

Os valores encontrados confirmam as observações de outros trabalhos de que a adubação nitrogenada em gramíneas normalmente aumenta a carga animal suportada pela pastagem (Moojen, 1993; Gomide,1994).

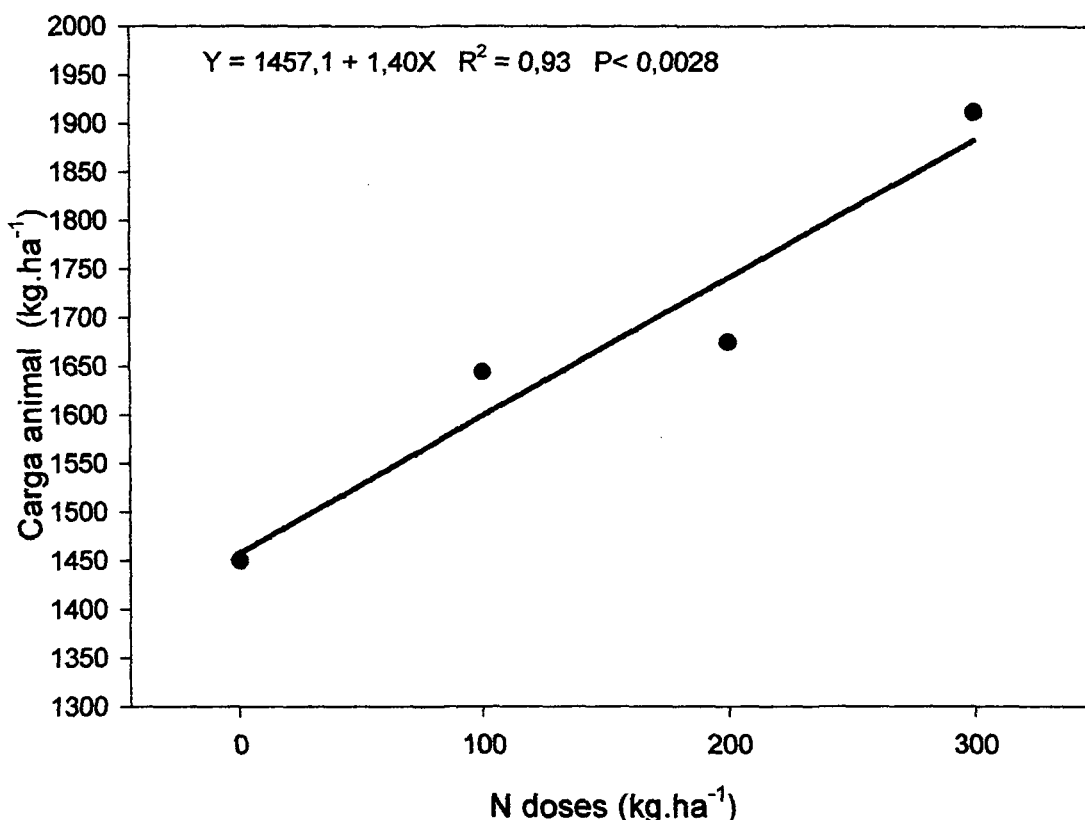


FIGURA 10 Carga animal em função das doses de N aplicadas no inverno, Guarapuava, PR, 1999

A carga animal foi, em média, 1405, 1588, 1623 e 1878 quilograma de peso vivo.ha⁻¹ para 0, 100, 200 e 300 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, respectivamente (Tabela 9). Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Moraes (1991), Lesama (1997) e superiores àqueles encontrados em outros trabalhos de Tyson *et al.* (1992), Johnson e Morrison (1997), Restle *et al.* (1999), Roso e Restle *et al.* (2000). Esta superioridade pode estar associada com as diferenças edafoclimáticas das áreas experimentais e com a oferta de forragem.

Por meio da média ponderada entre os tratamentos (Tabela 9), observa-se maior resposta crescentes ao N, no tratamento com a maior dose de nitrogênio utilizado (300 kg.ha⁻¹), mostrando o impacto deste nutriente nos sistemas de produção de carne. A resposta obtida na média ponderada para os tratamentos foram de 1,83, 1,09 e 1,58 quilograma de peso vivo por hectare para cada quilograma de N aplicada, para as doses de 100, 200 e 300 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente, evidenciando um potencial de produção de ganho de peso vivo por área.

Quando aumenta-se a carga animal, busca-se uniformizar a desfolha, mas em

virtude das altas taxas de crescimento ocorrem benefícios ao pastejo seletivo, o qual tem uma heterogeneidade espacial, considerando-se que a preferência de pastejo adotada pelo animal, em diferentes escalas de espaço e tempo segue uma série hierárquica de ações instintivas e de comportamento, as quais determinam o ponto desde onde efetuará o bocado e seu consumo (Laws *et al.*, 2000).

Analizando os diferentes tratamentos (Tabela 9), observa-se que a dose mais elevada de adubação nitrogenada (300 kg.ha^{-1} de N) apresentou menor oscilação na carga animal, constituindo-se ponto positivo para o manejo do complexo planta-animal, ocorrendo variação de 40% entre a carga animal máxima (1º período) e a mínima (3º período). A maior oscilação foi de 58% observada na dose de 100 kg.ha^{-1} de nitrogênio entre o 1º período e o 3º período. Este comportamento está diretamente relacionado com a maior variação no resíduo da MS e a pior distribuição da produção da pastagem. A oscilação na capacidade de suporte da pastagem, que freqüentemente se manifesta ao longo do período de uso da forragem devido à má distribuição na oferta da pastagem das espécies utilizadas em pastejo, é decorrente, principalmente, das variações nas condições climáticas e da estacionalidade de produção das espécies utilizadas em pastejo.

Na média, observou-se que a carga animal, em relação ao tratamento sem nitrogênio, aumentou em 13%, 16% e 32% nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada de 100, 200 e 300 kg.ha^{-1} de N, respectivamente.

O menor acúmulo de MS obtidas no último período são resultantes do estágio avançado de desenvolvimento das plantas e do próprio estresse hídrico ocorrido no segundo período, que provocaram a menor capacidade de suporte da pastagem.

TABELA 9 Carga animal $\text{kg.ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$ nas três avaliações efetuadas em função de doses de N, Guarapuava, PR, 1999

N	1º Período (13/07-10/08)	2º Período (10/08-08/09)	3º Período (08/09-14/10)	Média ponderada
kg.ha^{-1}	$(\text{kg.ha}^{-1}.\text{dia}^{-1})$			
0	2068	1333	947	1405
100	2474	1433	1023	1588
200	2492	1419	1111	1623
300	2561	1643	1525	1878

A estabilidade de produção da pastagem é um fator mais importante do que o acúmulo de forragem, em virtude da dificuldade do agricultor em trabalhar com carga animal variável (put and take). Isto se constitui em um dos principais problemas enfrentados pelos produtores no manejo das pastagens, pois quando se deseja maximizar as produções de pastagem e animal, aparece a necessidade de um grande número de animais para ajustar a carga animal à produção de forragem.

4.3.3 Ganho de peso vivo por hectare

Os dados de ganho de peso vivo dos diferentes tratamentos referentes à ausência ou à presença do trevo no consórcio não foram significativos em nenhum período de avaliação no ganho de peso vivo, justificando o mesmo comportamento da carga animal (Anexo 12).

As médias para os tratamentos referentes às doses de nitrogênio nos três períodos considerados de avaliação são apresentada na Tabela 10. Apesar de não se constatar diferenças estatísticas, observou-se uma tendência clara de acréscimo no ganho por área com a adubação nitrogenada, exceto na primeira avaliação, quando do ganho animal em todos os tratamentos relacionados com às doses de nitrogênio foram praticamente iguais. Isto evidencia que as diferenças na produção de pastagens, quanto ao ganho em produção animal, são reflexo da quantidade de MS e da qualidade desta massa seca produzida.

Na primeira avaliação a elevada carga animal utilizada ($2.399 \text{ kg.ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$) promoveu um ótimo ganho animal de peso vivo em média de 251 kg.ha^{-1} , num período curto de vinte oito dias de pastejo. Este ganho animal é semelhante ao observado no trabalho de Lesama (1997), no primeiro período de avaliação com vinte oito dias de pastejo, que obteve um ganho de peso vivo animal em média de 274 kg.ha^{-1} . Segundo Moraes (1991) fica evidente que, em condições de solo com boas condições química, física e biológica e com pastagens de boa qualidade com misturas (gramíneas + leguminosas) de estação fria, bem manejadas, é possível obter-se elevados rendimentos por área mesmo no período de outono/inverno. Contudo, não se deve esquecer as condições climáticas, nas quais devem permitir bom acúmulo de massa seca das pastagens possibilitando o seu uso ainda no outono.

No segundo período de avaliação, a falta de chuva (Figura 1) promoveu uma redução da produção das pastagens e, conseqüentemente, uma redução acentuada na

produção animal em média de 41% em relação ao primeiro período de avaliação. No último período de avaliação, mesmo com a volta das chuvas, não se obteve um bom ganho de peso vivo (Tabela 10). Isto deve estar relacionado com o estágio da pastagem, provavelmente, penalizado drasticamente pela digestibilidade da dieta neste período.

TABELA 10 Ganho de peso Vivo (kg.ha^{-1}) em pastagem de inverno por período em função de doses crescentes de nitrogênio, Guarapuava, PR, 1999

N (kg.ha^{-1})	Ganho de peso vivo (kg.ha^{-1})			
	<i>Período</i>			
	13/07 à 10/08	10/08 à 08/09	08/09 à 14/10	Média
0	238	132	112	160
100	252	139	104	165
200	247	126	128	167
300	266	193	197	218
Média	251	148	135	

A relação entre os níveis de nitrogênio e o ganho de peso vivo por hectare durante o período total de pastejo é melhor expressa pela regressão linear ($p < 0,009$), sendo apresentada na Figura 11. O ganho de peso por hectare é função do ganho médio diário e do número de animais por hectare suportado pela pastagem (Mott e Moore, 1985), entretanto, como no presente trabalho o ganho médio diário foi semelhante em todos os tratamentos foi apenas a lotação real, provavelmente, que determinou o ganho de peso vivo por hectare.

A resposta às doses de nitrogênio obtida no ganho de peso. ha^{-1} é semelhante àqueles ganhos observados no trabalho de pastagens de inverno por Moraes (1991), Lesama (1997) e Lustosa (1998) e superiores aos obtidos por Quadros e Maraschin (1987) e por Lustosa (1998) no experimento no ano de 1995.

O ganho de peso vivo por animal observado variou de 480 a 656 kg.ha^{-1} para 0 e 300 kg.ha^{-1} de N, respectivamente. Verifica-se ainda que dose mais elevada da adubação nitrogenada apresentou ganho de peso vivo 37% superior ao tratamento que não recebeu nitrogênio (Tabela 10). Na dose de 300 kg.ha^{-1} de N, o ganho de peso vivo foi de 7,0 $\text{kg.ha}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ na média do período de utilização da pastagem, mostrando o alto potencial desta pastagem de inverno no rendimento de produto animal, mesmo sendo afetada pelo estresse hídrico. Outra razão que influenciou muito o rendimento foi a idade dos animais

utilizados no experimento e com 205 quilograma de peso vivo, em média, o que favoreceu a eficiência da transformação da forragem em carne. Sabe-se que animais mais jovens necessitam menos energia para manutenção e ganham mais na mesma quantidade de forragem disponível, quando comparados com animais mais velhos ou pesados (Gomide, 1994). Considerando que o ganho de peso vivo animal no Paraná está próximo dos 100 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ este experimento demonstra o quanto estamos deixando de produzir carne a pasto, somente no sistema de integração lavoura-pecuária.

Os resultados obtidos nas pastagens de inverno permitem entender que a adubação nitrogenada utilizada, dentro de determinada faixa, proporcionam aumento do desempenho das pastagens, mantendo a oferta de forragem e provocando aumentos na carga animal, o que conseqüentemente, incrementa o ganho de peso vivo animal por hectare.

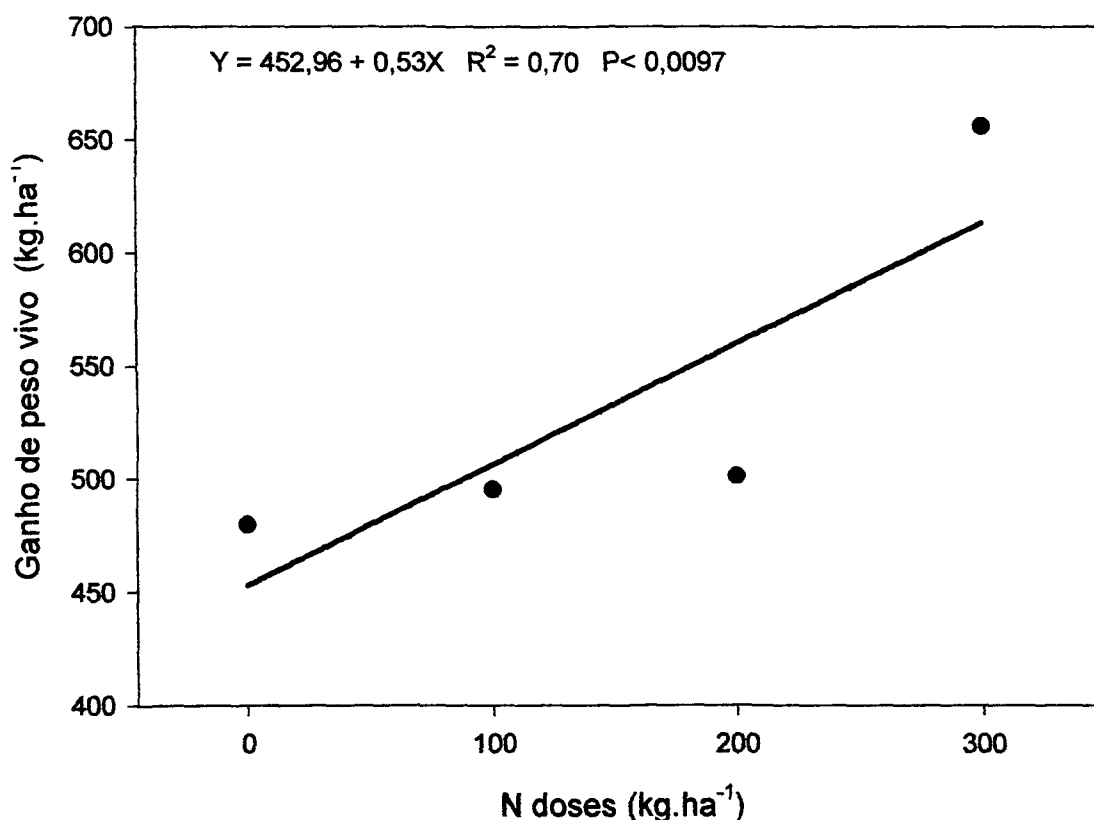


FIGURA 11 Ganho de peso vivo total (GPV) kg.ha⁻¹ na produção animal em pastagens de inverno em função de doses crescentes de nitrogênio, Guarapuava, PR, 1999

A eficiência de transformação média de quilograma de MS em quilograma de ganho de peso vivo (Tabela 11) para os tratamentos 0, 100, 200 e 300 kg.ha⁻¹ de N foram

respectivamente de 7,2; 6,8; 7,6 e 9,9 quilograma de MS para cada quilograma de ganho de peso vivo. A transformação da pastagem em carne foi mais eficiente que nos trabalhos de Moraes (1991), Lesama (1997) e Roso *et al.* (1999). O ganho de produto animal por área nas pastagens de estação fria no sistemas de integração lavoura-pecuária evidencia que alcançou patamar excelente de eficiência de transformação de quilograma de MS em quilograma de ganho de peso vivo.

O ganho de peso por hectare reflete a produção das pastagens, bem como a também sua qualidade quando consideramos a eficiência de transformação. No presente estudo observa-se que a melhor conversão ocorreu na dose 100 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, seguido pela dose zero, 200 e 300 kg.ha⁻¹ de N. A pior eficiência de utilização observada foi para dose mais alta de nitrogênio (Tabela 11).

A alta eficiência de transformação da pastagem obtida está relacionada a dois aspectos importantes: a) o alto ganho médio diário dos animais, o que determina que quando o consumo de energia ou MS digerível aumenta acima do requerimento de manutenção, maior quantidade de pastagem consumida é transformada em produto animal (Blaser, 1990); e b) a categoria utilizada é uma das mais eficientes em transformar a conversão de MS em ganho de peso vivo (Restle *et. al*, 2000), embora as novilhas sejam menos eficientes que os novinhos.

TABELA 11 Eficiência de utilização da forragem produzida em Ganho de peso Vivo (kg.ha⁻¹) e da adubação nitrogenada na produção animal em pastagem de inverno, em função de doses crescentes de nitrogênio, Guarapuava, PR, 1999

N kg.ha ⁻¹	Forragem		Resíduo final	Ganho de Peso Vivo kg.ha ⁻¹	Eficiência	
	Produção	Consumo			MS/GPV	GPV/N
	kg.ha ⁻¹ de Massa Seca				kg	
0	4296	3445	851	480	7,18	-
100	4706	3352	1359	495	6,77	0,15
200	5376	3895	1481	501	7,77	0,11
300	6505	4472	2033	656	9,92	0,59

A eficiência da adubação nitrogenada na produção animal, expressa em quilograma de ganho de peso por quilograma de N aplicado (Tabela 11), para os tratamentos 100; 200 e 300 kg.ha⁻¹ de N foi, respectivamente, de 0,15; 0,11 e 0,59 quilograma de ganho de peso vivo para cada quilograma de N aplicado, portanto observa-

se que a melhor utilização ocorreu para a dose de 300 kg.ha⁻¹ de nitrogênio.

As recomendações de adubação para as pastagens tornam-se mais eficientes e lucrativas na medida em que se conhece a eficiência da adubação nitrogenada na produção animal, possibilitando o cálculo simples do custo e do retorno econômico adicional para cada tonelada de nutriente aplicado e a maneira correta de fazer o manejo da pastagem para melhor responder à adubação.

No sistema de rotação lavoura-pecuária a adubação nitrogenada na pastagem de inverno deverá ser mais utilizada nos sistemas intensivos de produção animal, tendo como princípios a utilização eficiente e a exploração do potencial de produção dos recursos das pastagens, com adequado manejo, buscando alta produtividade.

Os altos rendimentos no ganho de peso vivo por hectare e a resposta da adubação nitrogenadas na produção animal neste trabalho foram obtidos graças a muitos aspectos da complexa interação solo-planta-animal, dentro sistemas de rotação lavoura pecuária. Entre as principais considerações estão a boa fertilidade do solo e a contribuição de altas quantidades de resíduos orgânicos de origem vegetal e de origem animal. Outro aspecto a ser considerado foi a utilização de animais com alto potencial genético, que em associação com bom manejo da pastagem, transformam eficientemente a massa seca em produto animal e ainda juntamente com o controle eficiente do resíduo de MS, favoreceu a área foliar para o crescimento das plantas e para uma boa produção em quantidade e qualidade de forragem.

No sistema rotação lavoura-pecuária, são poucos os trabalhos realizados para encontrar respostas à aplicação de nitrogênio em pastagens de outono/inverno para obter resposta quanto à produção de carne. Embora alguns trabalhos já comecem a aparecer no sentido de facilitar a recomendação de ótimas aplicações de nitrogênio buscando uma melhor relação custo/benefício, tanto no aspecto econômico como no ecológico. Cada região deverá ter uma curva de resposta à aplicação de nitrogênio, para que se possa fornecer uma média conveniente da estimativa economicamente de aplicação de nitrogênio em pastagens.

4.4 CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO E ÍNDICE NUTRICIONAL NITROGENADO DA PASTAGEM.

4.4.1 Concentração de nitrogênio na pastagem

A análise da concentração de nitrogênio na pastagem, durante o período de pastejo de 13/07 a 14/10, foi realizada em três períodos de avaliações. Não observou-se influência significativa do trevo sobre a concentração de nitrogênio na pastagem (Anexo 13).

No primeiro período de avaliação (13/07), a concentração de nitrogênio na pastagem (g.kg^{-1} de MS) aumentou de forma quadrática com as doses de adubação nitrogenadas, sendo esta relação apresentada na Figura 12. A concentração de nitrogênio mínima e máxima estimada foi de 43,2 e 50,1 g.kg^{-1} de MS para 0 e 253 kg.ha^{-1} de N, respectivamente. Os valores deste experimento são superiores aos encontrados por Kirkham e Wilkins (1994), que utilizaram corte e não o pastejo.

A máxima eficiência técnica de absorção de N pelas plantas forrageiras foi obtida com a dose de 253 kg.ha^{-1} de N. Se for avaliado apenas o acúmulo de massa seca até a entrada dos animais, não houve diferença entre incremento de N e a produção de massa seca neste período (Anexo 13). Para as doses acima de 253 kg.ha^{-1} de N, a concentração de nitrogênio baixou nos tecidos, a diminuição da eficiência do uso do N poderia estar indicando uma ação mais efetiva dos processos de perda e/ou imobilização do nitrogênio.

A concentração de nitrogênio na massa seca, no primeiro período, é considerada alta, comparando com dados obtidos por Restle *et al.* (2000), isto se deve à concentração de muitos constituintes orgânicos dos tecidos da pastagem, os componentes carbono e nitrogênio estão principalmente em função da maturidade da planta. Em condições nitrogenadas não limitantes para as plantas, e sendo estas não pastejadas, ocorre uma remobilização do N das folhas senescentes para as folhas mais jovens, e cerca de 75% a 80% do N das folhas verdes é remobilizado durante a senescência (Lemaire e Chapman, 1996). A adubação nitrogenada por si causa aumento na concentração de N da forragem e um efeito não significativo no valor energético da pastagem, entretanto, a concentração de constituintes minerais, incluindo nitrogênio, também reflete a situação nutricional do solo em relação à aplicação de fertilizantes nitrogenados, e são influenciados pela composição botânica da pastagem (Hodson, 1990).

Lemaire (1997) indica 35 gramas de N.kg^{-1} de MS como valor crítico de nitrogênio para pastagem de inverno, para taxa de acúmulo de até 2.000 quilograma de massa seca, quando a concentração de N na pastagem é maior do que 35 g.kg^{-1} , desta forma pouca ou nenhuma resposta de aumentos de produtividade é esperada, quando o N-fertilizantes é adicionado ao solo.

No segundo período de avaliação (31/08), a concentração de nitrogênio (g.kg^{-1} de

MS) aumentou de forma quadrática com as doses de adubação nitrogenadas, sendo esta relação apresentada na Figura 12. A concentração de nitrogênio mínima e máxima estimada foi de 31,1 e 40,1 g.kg⁻¹ de MS para 0 e 241 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente. A menor concentração de N em relação ao primeiro período, segundo Thornton e Millard (1997), é função de uma menor necessidade de absorção de N para a produção de uma folha na medida em que a planta avança em idade.

Lemaire (1997) indica 28 gramas de N.kg⁻¹ de MS como valor crítico de nitrogênio para pastagem de inverno, para taxa de acúmulo maiores que 2.000 e menores 6.000 quilograma de massa seca. Entretanto, quando a concentração de N na pastagem é maior do que 28 g.kg⁻¹, nenhuma resposta de aumentos de produtividade é esperada quando o N-fertilizantes é adicionado ao solo.

A máxima eficiência técnica de absorção de N pelas plantas forrageiras no segundo período, foi obtida com a dose de 237 kg.ha⁻¹ de N. Para as doses acima de 237 kg.ha⁻¹ de N, a concentração de nitrogênio baixou, a diminuição da eficiência do uso do N poderia estar indicando uma ação menos efetiva do processo de remobilização do nitrogênio para as folhas novas. Após o pastejo, a remobilização de nitrogênio das hastes e raízes para a parte aérea é rápida e intensa e busca o restabelecimento da cobertura vegetal e, desta forma, a retomada da atividade fotossintética (Lemaire e Chpman 1996).

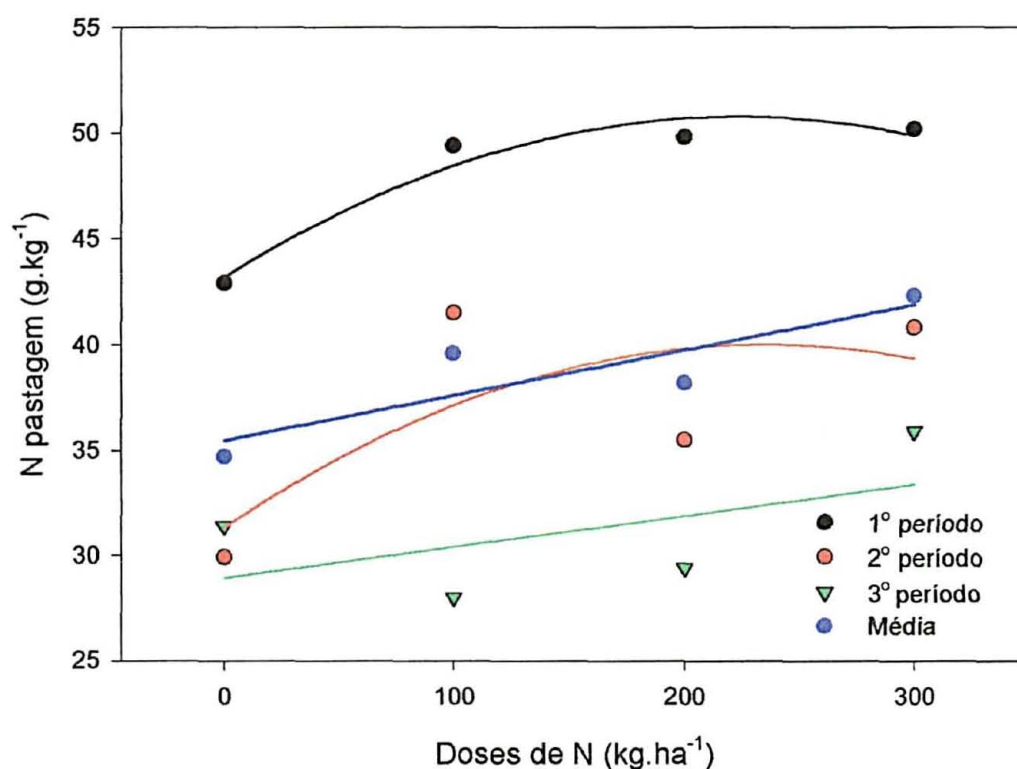


FIGURA 12 Concentração do N (g.kg^{-1} de MS) em pastagem de inverno em função de doses crescentes de nitrogênio, Guarapuava, PR, 1999

TABELA 12 Equações, níveis de probabilidade (P) e coeficiente de determinação das concentrações de N (g.kg^{-1} de MS) no primeiro período (13/07), segundo período (31/08) e média do período de pastejo da pastagem em função das doses de N aplicadas, Guarapuava, PR, 1999

Variável	Equação	P	R ²
1º período (13/07)	$Y = 43,23 + 0,067X - 0,00015X^2$	0.0005	0.93
2º período (31/08)	$Y = 31,35 + 0,073X - 0,00015X^2$	0.0072	0.52
3º período (11/10)	$y = 28,94 + 0,0149X$	0,4417	0,56
Média período pastejado	$Y = 35,55 + 0,021X$	0.0020	0.77

No terceiro período de avaliação (11/10), a concentração de nitrogênio (g.kg^{-1} de MS) não sofreu influência das doses de adubação nitrogenadas. No entanto, observa-se (Figura12) que a concentração de N diminui em relação aos dois períodos anteriores, isto pode estar associado com o aumento da maturidade da pastagem, ocorrendo mudanças no conteúdo de nitrogênio. As desfolhas sucessivas causam uma redução no crescimento das raízes, ocorrendo a remobilização do carbono e nitrogênio para parte aérea para recompor o aparelho fotossintética, afetando a absorção de nitrogênio (Frankow-Lindber, 1997).

A concentração de N (g.kg^{-1} de MS) média durante o período de pastejo aumentou de forma linear com incremento das doses de adubação nitrogenadas, sendo esta relação apresentada na Figura 12. A concentração de nitrogênio foi de 34,7; 39,6; 38,2 e 42,3 para 0, 100, 200 e 300 kg.ha^{-1} de N, respectivamente.

Os teores de nitrogênio na pastagem obtidos deste trabalho são semelhantes aos encontrados por Restle *et al.* (2000) e superiores aos relatados por Filho e Quadros, (1995). Analisando os dados de produção de massa seca e a concentração de nitrogênio na pastagem, observa-se uma certa relação particularmente eficiente para determinação da produção da massa seca em função da concentração do nitrogênio.

4.4.2 Índice nutricional nitrogenado da pastagem (INN)

A relação entre a concentração de N na cobertura vegetal e produção de massa

seca nos três períodos avaliados encontram-se na Figura 13, sendo que os valores obtidos foram confrontados com a curva de diluição segundo Lemaire (1997). Observou-se uma tendência de todos os valores do índice nutricional nitrogenado em ficar abaixo da aquelas da curva de diluição naquelas pastagens que não receberam N ou que receberam 100 kg.ha⁻¹ de N, em todos os períodos observados, independentemente da presença ou ausência de trevo. Por outro lado, todas as pastagens que receberam 300 kg.ha⁻¹ de N sempre apresentaram INN superiores ao da curva, atestando um adequado estado nutricional nitrogenado.

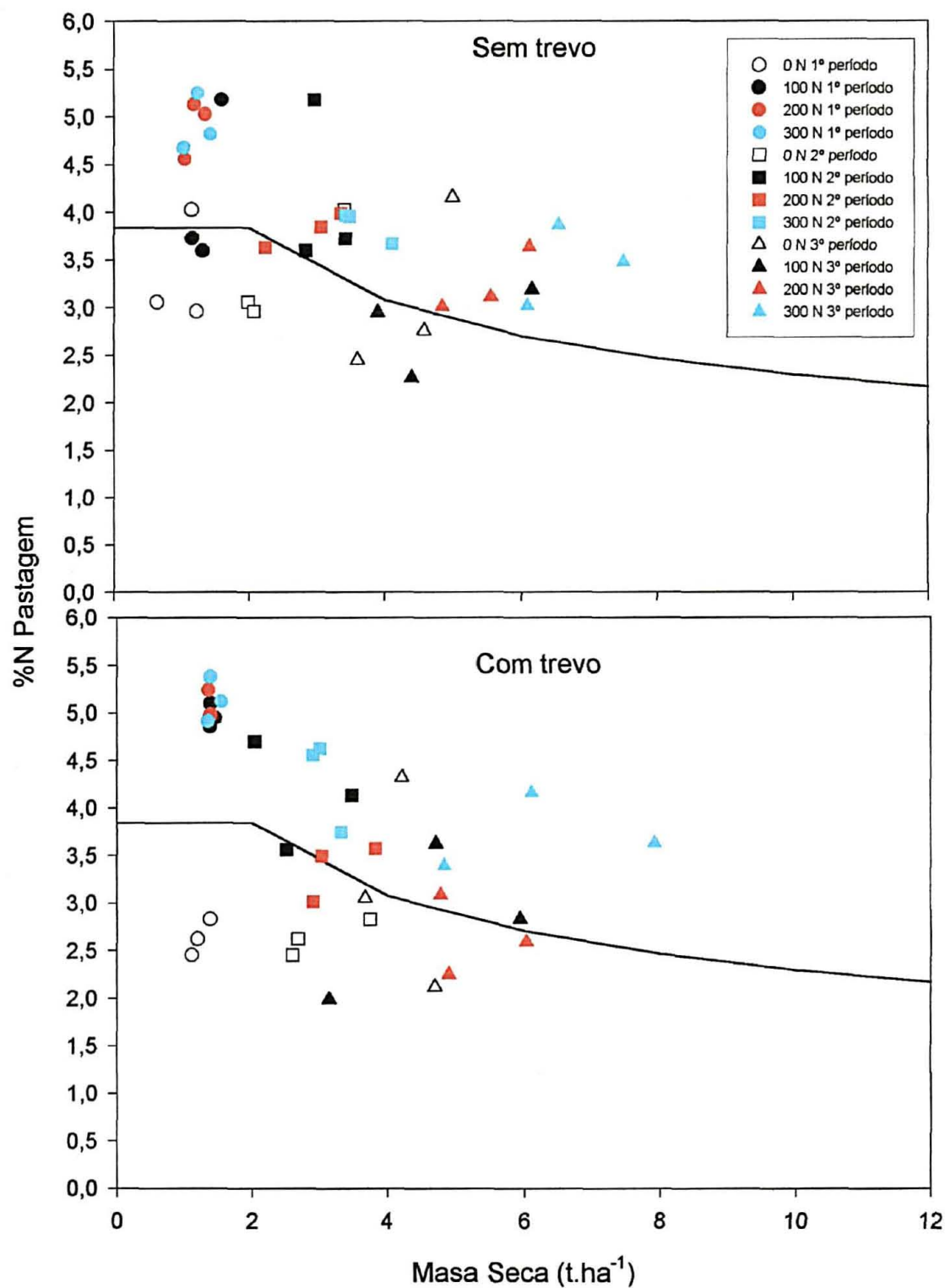


FIGURA 13 Concentração do N em relação a produção de massa seca em pastagem de inverno em função de doses crescentes de nitrogênio, Guarapuava, PR, 1999

Se estes dados forem analisados estatisticamente, observa-se apenas influência

significativa do fator trevo (Anexo 14) no primeiro período de avaliação (13/07). As parcelas com trevo apresentaram uma melhor relação nutricional (Teor de N(%) / Massa seca(t.ha⁻¹)) chegando ao valor médio de 0,28, enquanto que, as parcelas sem trevo apresentavam valor médio de 0,25.

Para o segundo período de avaliação (31/08) a interação entre N pasto x trevo foi significativa (Anexo 14). O trevo promoveu uma diferença significativa apenas naquelas parcelas que não receberam N (Figura 14). Sendo que nas áreas com trevo apresentaram o INN foi de 1,39 contra 0,95 nas áreas sem trevo, isto atesta a importância do trevo na pastagem que não recebeu adubação nitrogenada, mesmo que a leguminosa não tenha influenciado outras variáveis estudadas anteriormente.

No terceiro período de avaliação (11/10) nenhum parâmetro avaliado teve influência sobre INN (Anexo 14).

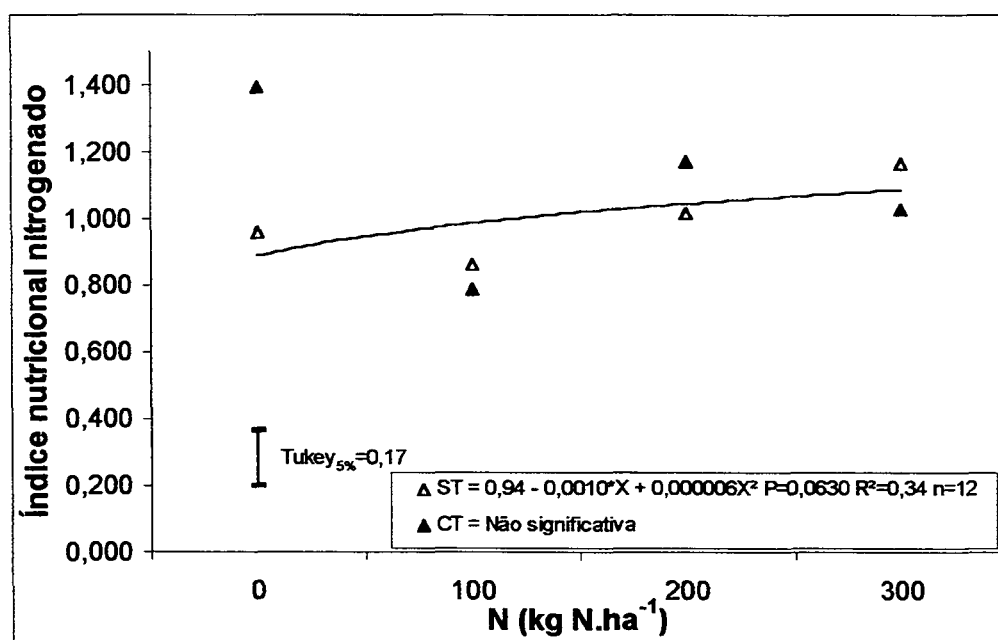


FIGURA 14 Índice nutricional nitrogenado da pastagem de inverno em função de doses crescentes de nitrogênio, Guarapuava, PR, 1999

4.5 BALANÇO DO NITROGÊNIO NA PASTAGEM

O balanço do nitrogênio proposto por Decau *et al.* (1997) foi aplicado para os valores médios dos tratamentos das doses de N em áreas com trevo, uma vez que os

valores observados nas áreas sem trevos foram semelhantes às áreas com trevo. Para estimar a mineralização foi utilizado um valor médio de 100 kg.ha^{-1} de N, sem considerar variações climáticas ou efeitos cumulativos de alguns tratamentos, mas sendo este valor coerente com solos que proporcionam elevados níveis de produtividade.

4.5.1 Relação entre N disponível e N absorvido

O N disponível pode ser constituído pelo acúmulo de três fontes de nitrogênio: N urina, N fezes e N fornecido pelo solo. Este valor foi estimado pelo balanço, conforme os Anexos 15, 16, 17 e 18 em $251,4$; $379,9$; $469,3$; $673,6 \text{ kg.ha}^{-1}$ de N para os tratamentos que receberam respectivamente 0, 100, 200 e 300 kg.ha^{-1} de N, no inverno, nas áreas que apresentavam trevo. Estes dados são semelhantes aqueles encontrados por Decau *et al.* (1997) que observou, em áreas que não receberam N, um fornecimento $319 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e em áreas que receberam 324 kg.ha^{-1} de N o fornecimento de N foi de $815 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

A porcentagem de N absorvido pela planta, sem considerar o N fixado, em relação às quantidades de N acima citadas fornecidas pelo solo, foi de 44% para o tratamento que não recebeu N e de 36% em média para os tratamentos que receberam N, com pouca variabilidade dos valores em relação à média proporcionada pelas distintas doses de N. Dos 56% do N excedente no tratamento que não recebeu N, 13% foram perdidos e 43% foram reorganizados no solo. No tratamento que recebeu 300 kg.ha^{-1} de N os 64% excedente, 39% foram perdidos e 25% foram reorganizado no solo.

4.5.2 Saldo de N orgânico e perdas de N

Pode-se observar nos Anexos 15 e 18, o saldo de N orgânico no solo é de -25, o que indica que o solo foi exaurido, restando desta forma um balanço negativo de N. Por outro lado, o balanço final das parcelas que receberam 300 kg.ha^{-1} de N apresentaram um saldo positivo de 74 kg.ha^{-1} de N, indicando que adubação de 300 kg.ha^{-1} de N, além de ter assegurado elevados níveis de produtividade de carne, também deixou no solo um elevado teor de N que poderia vir a ficar disponível.

Assmann (2001), cultivando milho nesta mesma área, em sequência ao período de pastejo de inverno, concluiu que as plantas cultivadas em parcelas que receberam 300 kg.ha^{-1} de N no inverno não respondem a aplicação de adubação nitrogenada de verão, comprovando desta forma o efeito residual da adubação nitrogenada de inverno. Tal

informação vem ao encontro dos dados apresentados no balanço, e pode-se afirmar que realmente um grande quantidade de N permaneceu no solo de forma reorganizada.

Por outro lado, altas produtividades de milho, nas áreas que não receberam adubação nitrogenada durante o inverno, foram obtidas apenas com a aplicação de no mínimo 120 kg.ha^{-1} de N no verão (Assmann, 2001).

O aumento de doses de N também tem efeito direto sobre as quantidades perdidas do elemento. Observou-se as parcelas que não receberam N perderam, somando os valores de volatilização, desnitrificação e lixiviação $34,0 \text{ kg.ha}^{-1}$ de N, enquanto que no mais alto nível de adubação nitrogenada as perdas foram de 274 kg.ha^{-1} de N.

Aparentemente, os valores de lixiviação estão superestimados, provavelmente pelas constantes de cálculo utilizadas neste balanço terem sido obtidas em condições de clima temperado. A não existência de períodos de degelo, as texturas de solos mais argilosos e a presença de solos mais profundos provavelmente poderiam reduzir a quantidade de N lixiviado quando comparado aos valores observados na Europa.

Ao que tudo indica, as quantidades de N organizadas devem ser maiores, pois as produtividades de milho alcançadas por Assmann (2001), nas áreas que receberam 300 kg.ha^{-1} de N, foram equiparadas às áreas não adubadas no inverno, apenas com a adição de 180 kg.ha^{-1} de N no verão, sendo que o presente balanço indica um saldo de apenas 74 kg.ha^{-1} .

Este modelo de balanço do nitrogênio permite prever o impacto de uma mudança de práticas na utilização do nitrogênio e encontrar situações onde existem a inadequação entre o nível de adubação nitrogenada e a resposta possível por uma determinada situação. E também mostra que, mesmo quando utiliza-se de alta doses de N (300 kg.ha^{-1}), parte do N aplicado fica na parte orgânica do solo e se caracteriza como uma reserva importante para culturas sucessoras.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente experimento permitem as seguintes conclusões:

A adubação nitrogenada não afetou a contribuição do trevo e favorecem o azevém em detrimento da aveia na composição botânica da pastagem.

A presença do trevo e a aplicação nitrogenada resultam em menor porcentagem de solo descoberto, o que pode se refletir em melhores condições de conservação do solo e manutenção do plantio direto no sistema de integração lavoura-pecuária.

O acúmulo, desaparecimento, produção de massa seca e concentração de nitrogênio na pastagem foram influenciado positivamente ao aumento dos níveis de nitrogênio aplicado.

O ganho de peso médio diário não foi influenciado pelo aumento da quantidade de nitrogênio na pastagem, ao contrario da carga animal e ganho de peso vivo por hectare que tiveram resposta ao aumento da quantidade de nitrogênio.

A presença de trevo branco na proporção obtida não influencia o acúmulo, desaparecimento, produção de massa seca, concentração de nitrogênio na pastagem, ganho animal diário, carga animal e ganho de peso vivo por hectare, mas melhorou o índice nutricional nitrogenado da pastagem.

O consórcio de gramíneas (aveia + azevém) com leguminosa de estação fria possibilitou o aumento do período de pastejo e, conseqüentemente, resultam em melhor rendimento animal no sistema integração lavoura-pecuária.

A curva de diluição do N mostra que com aplicação até 100 kg.ha⁻¹ de nitrogênio os valores encontrados ficaram abaixo do teor crítico da pastagem, também é necessário, no mínimo, aplicação de 100 kg.ha⁻¹ de N para obter saldo de N positivo a ser utilizado por culturas posteriores ao cultivo da pastagem de estação fria de inverno.

6 REFERÊNCIAS

- ANGUS, J.F.; van HERWAARDEN, A. F.; FISCHER, R. A.; HOWE, G. N.; HEENAN, D. P. The source of mineral nitrogen for cereals in south-eastern Australia. **Australian Journal of Agriculture Research**, Victoria, v.49, p.511-522, 1998.
- ARCHER, S.; SMEINS, F. E. Ecosystem-level processes. In HEITSCHIMIDT, R.K.; STUTH, J. W. (Ed.) **Grazing management: an ecological perspective**. Portland: Timber Press, 1991. p.109-139.
- ARMSTRONG, R.D.; PROBERT, M.E.; McCOSKER, K.; MILLAR, G. Fluxes of nitrogen derived from plant residues and fertiliser on a cracking clay in a semi-arid environment. **Australian Journal of Agriculture Research**, Victoria, v.49, p.437-449, 1998.
- ASSMANN, T. S.; LOISEAU, P.; DELPY, R.; OLLIER, J-L. Soil organic matter fractions and the kinetics of inorganic N as affected by previous white clover (*Trifolium repens* L.) content in grasslands. In: NITROGEN WORKSHOP, 11., 2001, Reims. **Book of abstracts**. Reims: INRA, 2001.
- ASSMANN, T.S. **Rendimento de milho em áreas de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio**. Curitiba, 2001. 80p. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2001.
- BAETHGEN, W.E. Dinamica del nitrógeno en sistemas de rotacion cultivos-pasturas. **Revista INIA de Investigaciones Agronómicas**. Montevideo, v.1, n.1, p.3-25, 1992.
- BALL, P.R.; CRUSH, J.R. Prospects for increasing symbiotic nitrogen fixation in temperate grassland. **Proceedings 15th International Grassland Congress**, Kyoto, p. 56-62. 1985.
- BALL, R.; MOLLOY, L.F.; ROSS, D.J. Influence of fertilizer nitrogen on herbage dry matter and botanical composition of a grazed grass-clover pasture. **New Zealand Journal of Agricultural research**, Palmerston North, v.21, p.47-55, 1979.
- BAUER, A.; COLE, C.V.; BLACK, A. L. Soil property comparisons in virgin grassland between grazed and non grazed management systems. **Soil Science Society America**

Journal, Madison, v.51, p.176-182, 1987.

BERGSTRÖM, L.; JOHANSSON, R. Leaching of nitrate from monolith lysimeters of different types of agricultural soils. **Journal of Environment Quality**, Madison, v.20, p.801-807, 1991.

BLASER, R.E. Manejo do complexo pastagem-animal para avaliação de plantas e desenvolvimento de sistemas de produção de forragens. In: **Pastagens**. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 157-205.

BOLLER, B.C.; NÖSBERGER, J. Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of N¹⁵ fertilization. **Plant and Soil**, The Hague, v.104, p.219-226, 1987.

BRISKE, D.D.; RICHARDS, J.H. Plant responses to defoliation: a physiologic, mophologic and demographic evaluation. In: BEDUNAH, D.J., SOSEBEE, R.E. (eds.) **Wildland plants: physiological ecology and developmental morphology**, p.635-710, 1995.

BROADBENT, F.E.; NAKASHIMA, T.; CHANG, G.Y. Estimation of nitrogen fixation by isotope dilution in field and greenhouse experiments. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.625-628, 1982.

CAMPBELL, A.G. Grazed pasture parameters. I. Pasture dry matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cow. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.67, n.2, p.199-210, 1966.

CARADUS, J. R. The structure and function of white clover roots systems. **Advances in Agronomy**, New York. v.43, p.1-46, 1990.

CARRAN, R. A.; BALL, P. R.; THEOBALD, P. W.; COLLINS, M. E. G. Soil nitrogen balances in urine-affected areas under two moisture regimes in Southland. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, Wellington, v.10, p.377-381, 1982.

CHASTON, I. **Mathematics for ecologists**. London: Butterworth e Co., 1971. 132 p.

CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; de FARIA, V.P. **PASTAGENS: FUNDAMENTOS DA EXPLORAÇÃO RACIONAL**, Piracicaba: FEALQ, p.109-132, 1986.

CORSI, M. Uréia como fertilizante na produção de forragem. In: **Simpósio sobre nutrição de bovinos**, 2, Piracicaba, 1984. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1984. p. 275-308, 1984.

CÓSER, A.C.; MARASCHIM, G.E. Desempenho animal em pastagens de milheto comum e

sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.4, p.421-426, 1983.

CUTTLE, S. P.; SCHOLEFIELD, D. Management options to limit leaching from grassland. **Journal of Contaminant Hydrology**, Amsterdam, v.20, p.299-312, 1995.

DEBARBA, L.; AMADO, T.J.C. Desenvolvimento de sistemas de produção de milho no sul do Brasil com características de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.32, n.3, p.473-480, 1997.

DECAU, M. L.; DELABY, L.; ROCHE, B. AzoPât: une description quantifiée des flux annuels d'azote en prairie pâturée par les vaches laitières. II- Les flux du système sol-plante. **Fourrages**, Versailles, v.151, p.313-330, 1997.

DOUGHERTY, C.T.; RHYKERD, C.L. The role of nitrogen in forage-animal production. In: HEATH, M.E.; BARNES, R.F; METCALFE, D.S. (4^a ed.). **FORAGES; THE SCIENCE OF GRASSLAND AGRICULTURE**. Iowa State University, Ames, Iowa, 1985. p.318-325.

ELGERSMA, A.; HASSINK, J. Effects of white clover (*Trifolium repens* L.) on plant and soil nitrogen and soil organic matter in mixtures with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). **Plant and Soil**, The Hague, v.197, p.177-186, 1997.

ELTZ, F.LF.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p.259-267, 1989.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Curitiba: SUDESUL/ IAPAR, 1984. 2V. (Boletim Técnico, 27).

ERIKSEN, J.; SØEGAARD, K. Nitrate leaching following cultivation of contrasting temporary grasslands. In: GENERAL MEETING OF THE EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION, 18., 2000, Aalborg. **Proceedings**. Aalborg: European Grassland Federation, 2000. p. 477-479.

EUCLIDES, V.P.B. **Algumas considerações sobre manejo de pastagens**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1994, 31p. (Documentos, 57).

FAVORETTO, V.; REIS, R.A.; VIEIRA, P. de F. Efeito da adubação nitrogenada ou de leguminosas no ganho de peso vivo de bovinos em pastagens de capim-colonião. **pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.475-482, 1985.

FILHO, R.C.C. e QUADROS, F.L.F. Produção animal em misturas forrageiras de estação fria semeadas em uma pastagem natural. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.25, n.2, p.289-293, 1995.

FISHER, A.; WILMAN, D. Effect of interval between harvests and spring applied fertilizer N on the growth of white clover in a mixed sward. **Grass and Forage Science**. Oxford, V.50, n.2, p. 192-171, 1995.

FLOATE, M.J.S. Effects of grazing by large herbivores on nitrogen cycling in agricultural ecosystems. In: CLARK, F.E.; ROSSWALL, T. (Ed.) **Terrestrial Nitrogen Cycles**. Stockholm: Ecological Bulletin, n.33, 1981, p.585-601.

FONTANELLI, R.S.; SANTOS, H.P.; REIS, E.M.; AMBROSI, I. Efeito da rotação de culturas com pastagens anuais de inverno no rendimento de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 10, p. 1581-1586, 1998.

FRAME, J. The role of white clover in united kingdom pasture. **Outlook on Agriculture**, Oxford, v.16, p.28-34, 1987.

FRAME, J.; BOYD, A.G. The effect of strategic use of fertilizer nitrogen in spring and/or autumn on the productivity of perennial ryegrass/white clover sward. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.42, p. 429-438, 1987.

FRAME, J.; NEWBOULD, P. Agronomy of white clover. **Advances in Agronomy**, New York, v.40, p.1-88, 1986.

FRANKOW-LINDBERG, B.E. Assimilate partitioning in three white clover cultivars in the autumn, and the effect of defoliation. **Annals of Botany**, London, v. 79, p. 83-87, 1997.

GASTAL, F.; BÉLANGER, G.; LEMAIRE, G. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, London, v.70,p.437-442, 1992.

GEORGE, J.R.; RHYKERD, C.L.; NOLLER, C.H.; DILLON, J.E.; BURNS, J.C. Effect of N fertilization on dry matter yield, total N, N recovery, and nitrate-N concentration of three cool-season forage grass species. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, p.211-216, 1973.

GOMIDE, J.A. Manejo de pastagens para produção de leite. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FORRAGICULTURA, 1994, Maringá-PR. **Anais. Maringá -PR: EDUEM**, 1994. p.141-168p. 1994.

HARRIS, G. H.; HESTERMAN, O. B. Quantifying the nitrogen contribution from alfalfa to soil and two succeeding crops using nitrogen-15. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, p.129-134, 1990.

- HARRIS, W. Pasture as an ecosystem. In: LANGER, R.H.M. **Pastures: their ecology and management**. Oxford University Press (ed.), 1990. p.75-131.
- HAYNES, R. J.; WILLIAMS, P. H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, New York, v.49, p.119-199, 1993.
- HELYAR, K. R.; CULLIS, B. R.; FURNISS, K.; KOHN, G. D; TAYLOR, A. C. Changes in the acidity and fertility of red earth soil under wheat-annual pasture rotations. **Australian Journal of Agriculture Research**, Victoria, v.48, p.561-586, 1997.
- HILLESHEIM, A. Manejo do gênero *Pennisetum* sob pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 9., Piracicaba, 1988. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1988, p.77-108.
- HODGSON, J. Herbage intake. **Grazing management Science into practice**. Hong Kong (Ed) Longman Handbooks in Agriculture, 1990. 200p.
- HODGSON, J.; CLARK,; MITCHELL, R. Foraging behaviour ingrazing animals its impact on plant communities. In: **Forage Quality Evaluation and Utilization**. 1994. GEORGE FAHEY, JR *et al.*, (Ed) ASA, CSSA, SSSA, Madison, p.796-827, 1994.
- HØGH-JENSEN, H.; SCHJOERRING, J. K. Interactions between white clover and ryegrass contrasting nitrogen availability: N₂ fixation, N fertilizer recovery, N transfer and water use efficiency. **Plant and Soil**, The Hague, v.197, p.187-199, 1997.
- HÖGLIND, M. e FRANKOW- LINBERG, B. Growing point dynamics and spring growth of white clover in a mixed sward and the effects of nitrogen application. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 53, p. 338-345, 1998.
- HOGLUND J. H.; BROCK, J. L. Nitrogen fixation in managed grasslands. In: SANAYDON, R. W. (ed.) **Managed Grasslands: analytical Studies**. Amsterdam: Elsevier, 1987. p.187-196.
- HOGLUND, J.H. Grazing intensity and soil nitrogen accumulation. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, Wellington, v.46, p.65-69, 1985.
- HOGLUND, J.H.; CRUSH, J.R.; BROCK, J.L.; BALL, R. e CARRAN, R.A. Nitrogen fixation in pasture. 12. General discussion. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, Parmerston North, v.7, p.45-51, 1979.
- HUMPHREYS, L.R. **Tropical Forages: Their role in sustainable agriculture** Harlow: Longman Scientific e Technical. 414 p. 1994

- HUMPHREYS, L.R. The evolving Science of Grassland Improvement. Cambridge University Press. 1997. Cap. 3, p.74-107.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.; SUHET, A.; PERES, J. Fixação biológica de nitrogênio na soja. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. **Microorganismo de importância agrícola**. 1994, EMBRAPA-CNPAP, p.9-89, 1994, documento 44.
- IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas climáticas do Estado do Paraná 1994**. Londrina:IAPAR, 1994. 49 p.
- IMSAND, J.; TOURAINE, B. N demand and regulation of nitrate uptake. **Plant Physiology**, v.105, p. 3-7, 1994.
- JARVIS, S.C.; HATCH, D.J. The effects of aluminium on the growth of white clover dependent upon fixation of atmospheric nitrogen. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.36, p.1075-1086. 1985.
- JOHNSON, R.H.; MORRISON, J. Effects of spring fertilizer nitrogen and sward height on production from perennial ryegrass/white clover swards grazed by beef cattle. **Grass and Forage Science**. Oxford, v.52, p.322 - 324, 1997.
- JONES, R.K.; DALGLIESH, N.P.; McCOWN, R.L. Sustaining multiple production systems: 4. Ley pasture in crop- livestock systems in the semi-arid tropics. **Tropical Grassland**, Santa Lucia, v.25, p.189-196, 1991.
- KLEIN, A.; FELIPPE, G.M. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília: EMBRAPA, v.26, n.7, p.955-966, 1991.
- KORNDÖRFER, G.H.; VALLE, M.R.; MARTINS, M.; TRIVELIN, P.C.O. Aproveitamento do nitrogênio da uréia pela cana-planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.1, p.23-26, 1997.
- KUMAR, K. e GOH, K.M. Biological nitrogen fixation, accumulation of soil nitrogen and balance for white clover (*Trifolium repens* L.) and field pea (*Pisum sativum* L.) grown for seed. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.68, p. 49-59, 2000.
- LAIDLAW, A. S.; WITHERS, J. A. Changes in contribution of white clover to canopy structure in perennial ryegrass/white clover swards in response to N fertilizer. **Grass and Forage Science**. Oxford, v. 53 p. 287-291, 1998.
- LAIDLAW, A. S. Quantifying the effect of nitrogen fertilizer application in spring on white clover content in perennial ryegrass-white clover swards. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.39, p.317-321, 1984.

- LAWS, J.A; PAIN, B.F.; JARVIS, S.C. e SCHOLEFIELD, D. Comparison of grassland management systems for beef cattle using self-contained farmlets: effects of contrasting nitrogen inputs and management strategies on nitrogen budgets, and herbage and animal production. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.80, n.3 p.243-254, 2000.
- LECONTE, D.; LEAU, G. Influence de la fertilisation azotée sur l'équilibre de l'association ray-grass anglais - trèfle blanc. **Fourrages**, Paris, V.135, p.383-387, 1993.
- LEDGARD, S.F.; BRIER, G.J.; UPSDELL, M.P. Effect of clover cultivar on production and nitrogen fixation in clover-ryegrass swards under dairy cow grazing. **New Zealand Journal of Agriculture Research**, Wellington, v.33, p.243-249, 1990.
- LEDGARD, S.F.; STEELE, K. W.; SAUNDERS, W. H.M. Effects of cow urine and its major constituents on pasture properties. **New Zealand Journal of Agriculture Research**, Wellington, v.25, p.61-68, 1982.
- LEDGARD, S.F. Transfer of fixed nitrogen from white clover to associated grasses in swards grazed by dairy cows, estimated using N^{15} methods. **Plant and Soil**, The Hague, v.131, p.215-223, 1991.
- LEE, R.B.; PURVES, J.V.; RATCLIFFE, R.G.; SAKER, L.R. Nitrogen assimilation and the control of ammonium and nitrate absorption by maize roots. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.43, p.1385-1396, 1992.
- LEMAIRE, G.; SALETTE, J. relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. Etude de l'effet du milieu. **Agronomie**, Paris, v. 4, p.423-430, 1984a.
- LEMAIRE G.; SALETTE, J. relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. Etude de la variabilité entre génotype. **Agronomie**, Paris, v. 4, p.431-436, 1984b.
- LEMAIRE, G.; CHAMPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities . In : Hodgson, J., Illius, A.W. **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB international, p.3-36, 1996.
- LEMAIRE, G.; GASTAL, F. N uptake and distribution in plant canopies. In: **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. G. LEMAIER (Ed.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1997. Cap. 1, p. 3-43.
- LEMAIRE, G. Eléments pour une conduite raisonnée du pâturage In: **LES FLUX DE TISSUS FOLIAIRES AU SEIN DES PEUPELEMENTS PRAIRIAUX**. 2000, Tisoara - Brasov.

Résumés. Tisoara -Brasov.: Institut National de la Recherche Agronomique, 2000.

LEMAIRE, G. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: Simpósio Internacional "Grassland Ecophysiology and Ecology". **Proceedings**. Curitiba – Brasil, p.165-186. 1999.

LESAMA, M.L. **Produção animal em gramíneas de estação fria com fertilização nitrogenada ou associadas com leguminosa, com ou sem fertilização nitrogenada.** Santa Maria (RS), 1997. 129p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia - Manejo e Utilização de Pastagens), Universidade Federal de Santa Maria (RS), 1997.

LOISEAU, P.; ASSMANN, T.S.; DEPLY, R. Flux de carbone et d'azote et dynamique des associations ray-grass/trefle blanc. In: COLLOQUE ROUMAIN-FRANÇAIS - TENDANCES ACTUELLES DANS LA RECHERCHE SUR LES PRAIRES PERMANENTES. 2000, Tisoara – Brasov. **Résumés.** Tisoara – Brasov: Institut National de la Recherche Agronomique, 2000.

LOISEAU, P.; CARRÉRE, P.; LAFARGE, M.; DELPY, R.; DUBLANCHET, J. Effect of soil-N on nitrate leaching under pure grass, pure clover and mixed grass/clover swards. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.14, p. 113-121, 2001.

LONG, F.N.J.; GRACEY, H.I. Effect of fertilizer nitrogen source and cattle slurry on herbage production and nitrogen utilization. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.45, p.431-442, 1990.

LUO, J.; TILLMAN, R.W.; BALL, P.R. Nitrogen loss through denitrification in a soil under pasture in New Zealand. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.32, p.497-509, 2000.

LUPATINI, G.C.; RESTLE, J.; CERETA, M.; MOOJEN, E.L.; BARTZ, H.R. Avaliação da mistura de aveia preta e azevém sob pastejo submetida a níveis de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.11, p. 1939-1943, 1998.

LUSTOSA, S.B.C. **Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema plantio direto.** Curitiba, 1998. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MAAK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná. 1968. 350p.

MARASCHIN, G.E. Sistemas de pastejo 1. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 8., Piracicaba, 1986. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1986. p.261-290.

MARRIOTT, C.A.; SMITH, M.A.; BAIRD, M.A. The effect of sheep urine on clover performance in a grazed upland sward. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v.109, p.177-185, 1987.

MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G. Effect of nitrogen fertilization upon herbage production of a tall fescue sward continuously grazed by sheep. 2) Consumption and efficiency of herbage utilisation. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.49, p.352-359, 1994.

McKENZIE, B.A.; HAMPTON, J.G.; WHITE, J.G.H.; HARRINGTON, K.C. Annual crop production principles. In: *New Zealand Pasture and Crop Science*. Ed. James White and John Hodgson. Oxford University Press. Cap.13, p.199-212. 323p. 1999.

MELLO, F. de A.F. **Uréia fertilizante**. Campinas: Fundação Cargil 1987. 192p.

MELLO, F. de A.F.; BRASIL SOBRINHO, M. de O.C.; ARZOLLA, S. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1989. 400p.

MISSELBROOK, T.H.; LAWS, J.A.; PAIN, B.F. Surface application and shallow injection of cattle slurry on grassland: nitrogen losses, herbage yields and nitrogen recoveries. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 51, p. 270-277, 1996.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; BLOCK, M. de F. Determinação espectrofotométrica de nitrato em extratos de solo sem redução química. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.129-133, 1985.

MOHAMED SALLEN, M.A.; FISHER, M.J. Role of ley farming in crop rotations in the tropics. In: *INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, 1993, Rockhampton, Proceedings*. Rockhampton, 1993, p.2179-2187.

MOOJEN, E. **Avaliação de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) sob pastejo com níveis de nitrogênio**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1993. 39 p. (Tese para concurso de professor titular da UFSM).

MOOJEN, E.L.; RESTLE, J.; LUPATINI, G.C.; MORAES, A.de; Produção animal em pastagem de milheto sob diferentes níveis de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p. 2145-2149, 1999.

MORAES, A de **Pressões de pastejo e produção animal em milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke)**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1984. 104 p. (Dissertação de Mestrado).

MORAES, A de; MARASCHIN, G.E. Pressões de pastejo e produção animal em milheto cv. comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.197-205, 1988.

- MORAES, A de; MARASCHIN, G.E; NABINGER, C. Pastagens nos ecossistemas de clima subtropical: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 1., Brasília, 1995. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p.147-200.
- MORAES, A. de. Produtividade animal e dinâmica de uma pastagem de pangola (*Digitaria decumbens* Stent), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e trevo branco (*Trifolium repens* L.), submetida a diferentes pressões de pastejo. Porto Alegre, 1991. 200p. Tese (Doutorado em Agronomia - Zootecnia), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1991.
- MORÓN, A.; RISSO, D.F. **Nitrogeno en pasturas**. Seminario de actualización, técnica, INIA la Estanzuela, Uruguay, Serie Técnica, n.51, p.64, 1994.
- MOTT, G.O.; MOORE, J.E. Evaluating forage production. In: HEATH, M.E.; BARNES, R.F, METCALFE, D.S. (4ª ed.). **FORAGES; THE SCIENCE OF GRASSLAND AGRICULTURE**. Iowa State University, Ames, Iowa, 1985. p.422-429.
- MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: **International Grassland congress**, 6, 1952, Pennsylvania. Proceedings Pennsylvania: State college Press, p.1380-1385, 1952.
- NOLLER, C.R. Nutritional requerimente of the grazing animal. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais**. Viçosa, p.145-127, 1997.
- ODHIAMBO, J.J.O.; BOMKE, A.A. Grass and legume cover crop effects on dry matter and nitrogen acumulation. **Agronomy Journal**, Madison, v.93, p.299-307, 2001.
- PARSONS, A.J.; ORR, P.D.; PENNING, P.D.; LOCKYER, D.R. Uptake, cycling, and fate of nitrogen in grass-clover swards continuously grazed by sheep. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v.116, p.47-61, 1991.
- POPPI, D.P.; McLLENAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal animal science**, Albany, v.73, p.278-290, 1995.
- PRINS, W.H. Changes in quantity of mineral nitrogen in three grassland soils as affected by intensity of nitrogen fertilization. **Fertilizer Research**, The Netherlands, v.1, p.51-63, 1980.
- PUCKRIDGE, D.W.; FRENCH, R.J. The annual legume pasture in cereal-ley farming systems of Southern Australia: a review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.9, n.3, p.229-267, 1983.

QUADROS, F.L.F.; MARASCHIN, G.E. Desempenho animal em misturas de espécies forrageiras de estação fria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.535-541, 1987.

RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA. 3 ed. Passo Fundo: SBCS, **Núcleo Regional Sul - EMBRAPA - CNPT**. 1995. 223p.

RESTLE, J.; ROSO, C.; SOARES, A.B. Produção animal e retorno econômico em misturas de gramíneas anuais de estação fria. **Revista brasileira de zootecnia**, Viçosa, V.28, n.2, P.235-243, 1999.

RESTLE, J.; ROSO, C.; SOARES, A.B.; LUPATINI, G.C.; FILHO, D.C.A.; BRONDANI, I.L. Produção animal e retorno econômico em pastagem de aveia preta mais azevém adubada com fontes de nitrogênio em cobertura. **Revista brasileira de zootecnia**, Viçosa, V.29, n.2, P.357-364, 2000.

RICHARDS, J.H. Physiology of plants recovering from defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17 Palmerston North. Proceedings, 1993. P.85-94.

ROLIN, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente ExcelTM para os cálculos de balanços hídricos normal, seqüencial de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.133-137, 1998.

ROSO, C.; RESTLE, J.; SOARES, A.B.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L. Produção e qualidade de forragem da mistura de gramíneas anuais de estação fria sob pastejo contínuo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, n.3, p. 459-467, 1999.

SANFORD, P.; PATE, J.S.; UNKOVICH, N.J.; THOMPSON, A.N. Nitrogen fixation in grazing and ungrazed subterranean clover pasture in south-west Australia assessed by the 15N natural abundance technique. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.46, p.1427-1443, 1995.

SANTOS, H.P. dos; PEREIRA, L.R. Rotação de culturas em Guarapuava. Efeitos de sistemas de sucessão de culturas de inverno sobre algumas características agrônômicas de milho, em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, p.1691-1694, 1997.

SCHILS, R.L.M.; VELIINGA, TH. V.; KRAAK, T. Dry-matter yield and herbage quality of a perennial ryegrass/cloversward in a rotational grazing and cutting system. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.54, p.19-29, 1999.

SEAB - Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Paraná. **Calendário Agrícola do**

Paraná Safra 2000/2001. Disponível em: <<http://www.celepar.br/celepar/seab/>> Acesso em 25 setembro.2001.

SEAB - Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Paraná **Calendário Agrícola do Paraná Safra 1995/1996.** Curitiba: SEAB, 1997.

SEARS, P.D.; GOODALL, V.C.; JACKMAN, R.H.; ROBINSON, G.S. Pasture growth and soil fertility. VIII. The influence of grasses, white clover, fertilizers and the return of herbage clippings on pasture production of an impoverished soil. **New Zealand Journal of Agriculture Research**, Wellington, v.8, p.270-283, 1965.

SEN, S.; CHALK, P.M. Chemical interactions between soil N and alkaline-hydrolysing N fertilizers. **Fertilizer Research**, The Netherlands, v.36, p.239-248. 1994.

SHARIFF, A.R.; BIONDINI, M.E.; GRYGIEL, C.E. Grazing intensity effects on litter decomposition and soil nitrogen mineralization. **Journal of Range Management**, Denver, v.47, n.6, p.444-449, 1994.

SHIEL, R.S.; EL TILIB, A.M.A.; YOUNGER, A. The influence of fertilizer nitrogen, white clover content and environmental factors on the nitrate content of perennial ryegrass and ryegrass/white clover swards. **Grass and forage science**, Oxford, v.54, p.275-285, 1999.

SIMMELSGAARD, W.H. The effect of crop, N-level, soil type and drainage on nitrate leaching from Danish soil. **Soil Use and Management**, Wallinoford, v.14, p.30-36, 1998.

SINGH, R.S.; RAGHUBANSHI, A.S.; SINGH, J.S. Nitrogen mineralization in dry tropical savanna: Effects of burning and grazing. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.23, p.269-273, 1991.

SOUSSANA, J.S.; VERTES, F.; ARREGUI, M.C. The regulation of clover shoot growing point densities and morphology during short-term clover decline in mixed swards. **European Journal of Agronomy**. Amsterdam, V. 4, p. 205-215, 1995.

STUTH, J.W. Foraging behavior. In: HEITHSCHMIDT, R.K. e STUTH, J.W. **Grazing management: An ecological perspective**. 1991, (Ed) Timber Press, Oregon, p.85-108, 1991.

THOMAS, R.; LOGAN, K.; IRONSIDE, A.; BOLTON, G. The effects of grazing with and without excretal returns on the accumulation of nitrogen by ryegrass in a continuously grazed upland sward. **Grass and forage science**, Oxford, v.45, p.65-75, 1990.

THORNLEY, J.H.M.; VERBERNE, E.L.J. A model of nitrogen flows in grassland. **Plant, Cell**

and Environment, Oxford, v.12, p.863-886, 1990.

THORNTON, B.; MILLARD, P. Nitrogen uptake by grasses: changes induced by competing neighbour plants differing in frequency of defoliation. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.51, p.242-249, 1996.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. New York: Macmillan Publishing Company, 1993. 634 p.

TOTHILL, J.C.; HARGREAVES, J.N.G.; JONES, R.M. Botanal: a comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. I. Field sampling. CSIRO: Division of Tropical Crops and Pastures, **Tropical Agronomy**, (Technical memorandum, 8), 1978.

TREIN, C.R.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia + trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.105-111, 1991.

TYSON, K.C; ARMSTRONG, A.C.; SCHOLEFIELD, D. Effects of field drainage on the liveweight gain of grazing beef cattle. **Grass and forage science**, Oxford, v.47, p.290-301, 1992

UHDE, L.T.; COGO, N.P.; TRIN, C.R. LEVIEN, R. Comportamento da sucessão trevo/milho, em área com e sem pastejo intensivo, sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, V.20, P.493-501, 1996.

UNKOVICH, M.; SANFORD, P.; PATE, J.; HYDER, M. Effects of grazing on plant and soil nitrogen relations of pasture-crop rotations. **Australian Journal of Agriculture Research**, Victoria, v.49, p.475-485, 1998.

VALE, F.R.; SILVA, C.A.; PORTO, D. Nitrificação em solos do sudoeste da Bahia incubados com uréia ou sulfato de amônio. In: CONGRESSÃO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, 1991, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1991, p.180.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo**. São Paulo, Agrônoma Ceres, 343p., 1991.

WEEDA, W.C. The effect of cattle dung patches on pasture growth, botanical composition and pasture utilisation. **New Zealand Journal of Agriculture Research**, Wellington, v.10, p.150-159, 1977.

WHITEHEAD, D.C. **Grassland Nitrogen**. Wallingford: CAB International. 1995. 397 p.

WILKINS, P. W.; ALLEN, D.K.; MYTTON, L.R. Differences in the nitrogen use efficiency of perennial ryegrass varieties under simulated rotational grazing and their effects on nitrogen recovery and herbage nitrogen content. **Grass and forage science**, Oxford, v. 55, n.1, p. 69 -76, 2000.

WILMAN, D.; FISHER, A. Effects of interval between harvests and application of fertilizer n in spring on the growth of perennial ryegrass in a grass/white clover sward. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.51, p.52-57, 1996.

ANEXOS

ANEXO 1 Quadrados médios, coeficiente de variação e média geral da porcentagem de aveia, azevém e solo descoberto no primeiro período de avaliação(13/07 à 10/08) Guarapuava, PR, 1999

Fonte de variação	GL	Aveia	Azevém	Solo descoberto
Quadrados médios				
Bloco	2	44,79 ^{ns}	3,29 ^{ns}	30,29 ^{ns}
Npasto	3	161,05 ^{ns}	125,82 ^{ns}	12,94 ^{ns}
Erro	6	107,68 ^{ns}	52,06 ^{ns}	24,06 ^{ns}
Trevo	1	240,66 ^{**}	5,04 ^{ns}	80,66 ^{ns}
Npasto x Trevo	3	6,444 ^{ns}	20,93 ^{ns}	7,44 ^{ns}
Erro	8	14,125 ^{ns}	21,95 ^{ns}	0,1637 ^{ns}
coeficiente de variação		5,18	19,16	19,45
média		72,58	24,45	2,08

ANEXO 2 Quadrados médios, coeficiente de variação e média geral da porcentagem de aveia, azevém e solo descoberto no segundo período de avaliação(31/08) Guarapuava, PR, 1999

Fonte de variação	GL	Aveia	Azevém	Solo descoberto
Quadrados médios				
Bloco	2	41,29 ^{ns}	41,16 ^{ns}	157,62 ^{ns}
Npasto	3	374,77 ^{ns}	379,16 ^{ns}	323,81 ^{ns}
Erro	6	135,40 ^{ns}	136,0 ^{ns}	176,06 ^{ns}
Trevo	1	140,16 ^{ns}	60,16 ^{ns}	459,37 ^{**}
Npasto x Trevo	3	19,61 ^{ns}	19,19 ^{ns}	28,59 ^{ns}
Erro	8	72,37 ^{ns}	53,29 ^{ns}	56,79 ^{ns}
coeficiente de variação		16,15	15,73	21,61
média		52,66	46,41	34,87

ANEXO 3 Quadrados médios, coeficiente de variação e média geral da porcentagem de aveia, azevém e solo descoberto no terceiro período de avaliação(11/10) Guarapuava, PR, 1999

Fonte de variação	GL	Aveia	Azevém	Solo descoberto
Quadrados médios				
Bloco	2	43,16 ^{ns}	102,79 ^{ns}	54,12 ^{ns}
Npasto	3	95,59 [*]	207,59 [*]	749,16 ^{**}
Erro	6	22,38 ^{ns}	47,34 ^{ns}	88,79 ^{ns}
Trevo	1	0,041 ^{ns}	759,37 ^{**}	240,66 ^{ns}
Npasto x Trevo	3	1,48 ^{ns}	15,48 ^{ns}	49,22 ^{ns}
Erro	8	19,0 ^{ns}	69,45 ^{ns}	64,20 ^{ns}
coeficiente de variação		75,28	9,41	35,22
média		5,79	88,54	22,75

ANEXO 4 Quadrados médios, coeficiente de variação e média geral da porcentagem de trevo na composição botânica da pastagem do primeiro, segundo e terceiro período de avaliação Guarapuava, PR, 1999

Fonte de variação	GL	1º período (13/07)	2º período (31/08)	3º período (11/10)
		Quadrados médios		
Bloco	2	37,7708 ^{ns}	12,2708 *	97,5833 *
Npasto	3	17,7986 ^{ns}	9,55203 ^{ns}	50,3056 ^{ns}
Erro	6	3,87986 ^{ns}	0,885417 ^{ns}	5,44722 ^{ns}
coeficiente de variação		45,41	42,61	20,46
média		4,29	2,21	11,41

ANEXO 5 Quadrados médios, coeficiente de variação e média geral do acúmulo, desaparecimento e produção de MS primeiro período de avaliação(13/07 à 10/08) Guarapuava, PR, 1999

Fonte de variação	GL	Acúmulo MS	Desapareci- mento MS	Produção de MS
		Quadrados médios		
Bloco	2	94,08 ^{ns}	990,34 ^{ns}	74790,3 ^{ns}
Npasto	3	429,37 ^{ns}	657,24 ^{ns}	338482 ^{ns}
Erro	6	354,8 ^{ns}	247,72 ^{ns}	277923 ^{ns}
Trevo	1	284,08 ^{ns}	435,2 ^{ns}	225138 ^{ns}
Npasto x Trevo	3	519,46 ^{ns}	476,48 ^{ns}	409223 ^{ns}
Erro	8	395,46 ^{ns}	318,8 ^{ns}	309537 ^{ns}
coeficiente de variação		32,02	26,19	32,02
média		62,6	68,18	1737,8

ANEXO 6 Quadrados médios, coeficiente de variação e média geral do acúmulo, desaparecimento e produção de MS segundo período de avaliação(10/08 à 08/09) Guarapuava, PR, 1999

Fonte de variação	GL	Acúmulo MS	Desaparecim- ento MS	Produção de MS
		Quadrados médios		
Bloco	2	1206,63 ^{ns}	2203,68 ^{ns}	1013686 ^{ns}
Npasto	3	477,35 ^{ns}	70,98 ^{ns}	402123 ^{ns}
Erro	6	279,85 ^{ns}	114,49 ^{ns}	234548 ^{ns}
Trevo	1	34,32 ^{ns}	0,2816 ^{ns}	29295,1 ^{ns}
Npasto x Trevo	3	250,05 ^{ns}	279,97 ^{ns}	210650 ^{ns}
Erro	8	235,33 ^{ns}	110,39 ^{ns}	198064 ^{ns}
coeficiente de variação		57,61	31,06	57,62
média		26,63	33,83	772,43

ANEXO 7 Quadrados médios, coeficiente de variação e média geral do acúmulo, desaparecimento e produção de MS terceiro período de avaliação(08/09 à 11/10) Guarapuava, PR, 1999

Fonte de variação	GL	Acúmulo MS	Desaparecimento MS	Produção de MS
Quadrados médios				
Bloco	2	1903,11 ^{ns}	2679,17 ^{ns}	1555960 ^{ns}
Npasto	3	1721,12^{**}	2896,07^{**}	1411166^{**}
Erro	6	163,63 ^{ns}	67,97 ^{ns}	221109 ^{ns}
Trevo	1	278,80 ^{ns}	214,20 ^{ns}	597399 ^{ns}
Npasto x Trevo	3	56,84 ^{ns}	65,45 ^{ns}	144955 ^{ns}
Erro	8	200,41 ^{ns}	113,94 ^{ns}	217406 ^{ns}
coeficiente de variação		33,71	21,28	32,58
média		41,99	50,17	1431,06

ANEXO 8 Quadrados médios, coeficiente de variação e média geral do acúmulo, desaparecimento e produção de MS período total de avaliação(13/07 à 11/10) Guarapuava, PR, 1999

Fonte de variação	GL	Acúmulo MS	Desaparecimento MS	Produção de MS
Quadrados médios				
Bloco	2	778,18 ^{ns}	551,57 ^{ns}	4471796 ^{ns}
Npasto	3	656,26^{**}	657,97^{**}	5589446^{**}
Erro	6	65,91 ^{ns}	58,02 ^{ns}	715837 ^{ns}
Trevo	1	85,25 ^{ns}	135,85 ^{ns}	457608 ^{ns}
Npasto x Trevo	3	11,61 ^{ns}	35,55 ^{ns}	15611 ^{ns}
Erro	8	29,82 ^{ns}	36,55 ^{ns}	337422 ^{ns}
coeficiente de variação		12,54	11,92	11,13
média		43,56	50,73	5220,8

ANEXO 9 Quadrados médios, coeficiente de variação e média geral do ganho médio diário, carga animal e ganho de peso vivo do primeiro período de avaliação(13/07 à 10/08) Guarapuava, PR, 1999

Fonte de variação	GL	Ganho médio diário	Carga animal	Ganho de peso vivo
Quadrados médios				
Bloco	2	64516,7 ^{ns}	1696669 ^{ns}	6454,91 ^{ns}
Npasto	3	15616,7 ^{ns}	300000 ^{ns}	938,619 ^{ns}
Erro	6	22816,7 ^{ns}	128556 ^{ns}	1619,68 ^{ns}
Trevo	1	150 ^{ns}	71,07 ^{ns}	3611,31 ^{ns}
Npasto x Trevo	3	4161,11 ^{ns}	24947 ^{ns}	1821,71 ^{ns}
Erro	8	57733,3 ^{ns}	74574,1 ^{ns}	1848,59 ^{ns}
coeficiente de variação		20,38	11,38	17,18
média		1179,1	2398,95	250,308

ANEXO 10 Quadrados médios, coeficiente de variação e média geral do ganho médio diário, carga animal e ganho de peso vivo do segundo período de avaliação(10/08 à 08/09) Guarapuava, PR, 1999

Fonte de variação	GL	Quadrados médios		
		Ganho médio diário	Carga animal	Ganho de peso vivo
Bloco	2	10887,5 ns	277600 ns	7891,2 ns
Npasto	3	70950 ns	103752 ns	5699,32 ns
Erro	6	37854,2 ns	164120 ns	1746,26 ns
Trevo	1	7350 ns	418731 ns	1706,91 ns
Npasto x Trevo	3	37394,4 ns	177462 ns	1000,25 ns
Erro	8	10845,8 ns	239089 ns	2311,5 ns
coeficiente de variação		11,11	33,55	32,62
média		937,5	1457,33	147,4

ANEXO 11 Quadrados médios, coeficiente de variação e média geral do ganho médio diário, carga animal e ganho de peso vivo do terceiro período de avaliação(08/09 à 14/10) Guarapuava, PR, 1999

Fonte de variação	GL	Quadrados médios		
		Ganho médio diário	Carga animal	Ganho de peso vivo
Bloco	2	121995 ns	113175 ns	28020,9 ns
Npasto	3	21462,4 ns	406491 ns	10585,7 ns
Erro	6	79374,1 ns	76042,5 ns	3316,42 ns
Trevo	1	68053,6 ns	1312,7 ns	234,37 ns
Npasto x Trevo	3	15822,4 ns	139375 ns	2760,6 ns
Erro	8	55967,7 ns	62256,7 ns	1997,77 ns
coeficiente de variação		27,94	21,64	33,04
média		846,58	1153,1	135,26

ANEXO 12 Quadrados médios, coeficiente de variação e média geral do ganho médio diário, carga animal e ganho de peso vivo do período total de avaliação(13/07 à 14/10) Guarapuava, PR, 1999

Fonte de variação	GL	Quadrados médios		
		Ganho médio diário	Carga animal	Ganho de peso vivo
Bloco	2	14154,2 ns	81666,9 ns	36574 ns
Npasto	3	17627,8 ns	215293 *	40643 *
Erro	6	24815,3 ns	47478,4 ns	10307,2 ns
Trevo	1	10416,7 ns	53185,3 ns	11,90 ns
Npasto x Trevo	3	5738,89 ns	79914 ns	5893,8 ns
Erro	8	12883,3 ns	38250,8 ns	3136,8 ns
coeficiente de variação		11,46	11,71	10,51
média		990,83	1669,81	532,97

ANEXO 13 Quadrados médios, coeficiente de variação e média geral da concentração de nitrogênio na pastagem do período, segundo e terceiro período de avaliação Guarapuava, PR, 1999

Fonte de variação	GL	1º período (13/07)	2º período (31/08)	3º período (11/10)
Quadrados médios				
Bloco	2	0,221079 ^{ns}	0,162488 ^{ns}	0,232629 ^{ns}
Npasto	3	5,49018^{**}	1,73408[*]	0,702438 ^{ns}
Erro	6	0,14039 ^{ns}	0,415732 ^{ns}	0,509224 ^{ns}
Trevo	1	0,078204 ^{ns}	0,22815 ^{ns}	0,031537 ^{ns}
Npasto x Trevo	3	0,586693 ^{ns}	0,388717 ^{ns}	0,214915 ^{ns}
Erro	8	0,196996 ^{ns}	0,117163 ^{ns}	0,452958 ^{ns}
coeficiente de variação		10,10	9,24	21,56
média		4,39292	3,705	3,12208

ANEXO 14 Quadrados médios, coeficiente de variação e média geral do índice nitrogenado da pastagem (INN) do primeiro, segundo e terceiro período de avaliação Guarapuava, PR, 1999

Fonte de variação	GL	1º período (13/07)	2º período (31/08)	3º período (11/10)
Quadrados médios				
Bloco	2	0,003058 ^{ns}	0,066290 ^{ns}	0,271817 ^{ns}
Npasto	3	0,000626 ^{ns}	0,139525 ^{ns}	0,20038 ^{ns}
Erro	6	0,000818 ^{ns}	0,044798 ^{ns}	0,125457 ^{ns}
Trevo	1	0,003304[*]	0,050625 ^{ns}	0,000114 ^{ns}
Npasto x Trevo	3	0,000172 ^{ns}	0,101901[*]	0,091345 ^{ns}
Erro	8	0,000505 ^{ns}	0,019754 ^{ns}	0,136981 ^{ns}
coeficiente de variação		8,48	13,43	21,76
média		0,264932	1,04677	1,70082

ANEXO 15 Balanço do nitrogênio em pastagem de estação fria para aplicação de zero kg.ha^{-1} de N Guarapuava, PR, 1999

ENTRADAS		FLUXOS INTERNOS		SAÍDAS	
		Entradas	Saídas		
<u>Animal</u>					<u>Animal</u>
Ingestão pastejo		136,33		12,44	Carne
			28,72		Fezes
			107,61		Urina
<u>Planta</u>					<u>Planta</u>
Fixação	11,62		136,33		Ingestão
Absorção		110,44		0	Colheita
			49,57		Senescência total
<u>Solo</u>					<u>Solo</u>
Fertilização	0		110,44		Absorção
Chuva	10		97,63		Organização
Senescência mineral		5,11		18,08	Volatilização
Mineralização		100		10,81	Desnitrificação
Fezes		28,72		5,14	Lixiviação
Urina		107,61			
Saldo N(orgânico no solo)			-24,84549964		

ANEXO 16 Balanço do nitrogênio em pastagem de estação fria para aplicação de 100 kg.ha^{-1} de N Guarapuava, PR, 1999

ENTRADAS		FLUXOS INTERNOS		SAÍDAS	
		Entradas	Saídas		
<u>Animal</u>					<u>Animal</u>
Ingestão pastejo		163,44		11,48	Carne
			29,49		Fezes
			133,95		Urina
<u>Planta</u>					<u>Planta</u>
Fixação	6,46		163,44		Ingestão
Absorção		139,25		0	Colheita
			75,83		Senescência total
<u>Solo</u>					<u>Solo</u>
Fertilização	100		139,25		Absorção
Chuva	10		131,12		Organização
Senescência mineral		6,58		22,32	Volatilização
Mineralização		100,00		19,98	Desnitrificação
Fezes		29,49		65,11	Lixiviação
Urina		133,95			
Saldo N(orgânico no solo)			-2,418670215		

ANEXO 17 Balanço do nitrogênio em pastagem de estação fria para aplicação de 200 kg.ha⁻¹ de N Guarapuava, PR, 1999

		ENTRADAS FLUXOS INTERNOS		SAÍDAS		
		Entradas	Saídas			
<u>Animal</u>					<u>Animal</u>	
Ingestão pastejo		152,64		12,25	Carne	
			29,81		Fezes	
			122,83		Urina	
<u>Planta</u>					<u>Planta</u>	
Fixação	7,43		152,64		Ingestão	
Absorção		150,24		0	Colheita	
			91,50		Senescência total	
<u>Solo</u>					<u>Solo</u>	
Fertilização	200		150,24		Absorção	
Chuva	10		143,43		Organização	
Senescência mineral		6,71		20,55	Volatilização	
Mineralização		100,00		28,27	Desnitrificação	
Fezes		29,81		133,35	Lixiviação	
Urina		122,83				
Saldo N(orgânico no solo)		23,01375731				

ANEXO 18 Balanço do nitrogênio em pastagem de estação fria para aplicação de 300 kg.ha⁻¹ de N Guarapuava, PR, 1999

		ENTRADAS FLUXOS INTERNOS		SAÍDAS		
		Entradas	Saídas			
<u>Animal</u>					<u>Animal</u>	
Ingestão pastejo		254,21		14,94	Carne	
			41,49		Fezes	
			212,73		Urina	
<u>Planta</u>					<u>Planta</u>	
Fixação	16,00		254,21		Ingestão	
Absorção		256,86		0	Colheita	
			86,09		Senescência total	
<u>Solo</u>					<u>Solo</u>	
Fertilização	300		256,86		Absorção	
Chuva	10		171,30		Organização	
Senescência mineral		9,36		35,28	Volatilização	
Mineralização		100		39,03	Desnitrificação	
Fezes		41,49		162,41	Lixiviação	
Urina		212,73				
Saldo N(orgânico no solo)		74,34433484				